

MANAJEMEN SUMBERDAYA



Gunawan Budiyanto

Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (LP3M UMY)

**Manajemen
Sumberdaya Lahan**

GUNAWAN BUDIYANTO

Manajemen Sumberdaya Lahan

GUNAWAN BUDIYANTO

Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (LP3M UMY)
2014

MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

Penulis : Dr. Ir. Gunawan Budiyanto, M.P.
Desain Cover dan Layout : Djoko Supriyanto

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau
Seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Februari 2014
Cetakan II, Januari 2015

Penerbit Lembaga Penelitian, Publikasi & Pengabdian Masyarakat
(LP3M) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Bantul Yogyakarta.
Telp : 0274-387656 pesawat 159

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Manajemen Sumberdaya Lahan
Gunawan Budiyanto
Yogyakarta, LP3-UMY 2014

ISBN 978-602-7577-22-0



Kata Pengantar

Lahan merupakan salah satu bentuk sumberdaya alam yang menduduki posisi penting bagi keberlangsungan kehidupan di dalam biosfer. Sumberdaya lahan merupakan kreasi alam yang memiliki sistem dan keteraturan dinamis yang memberikan dukungan kepada kegiatan di atas permukaan bumi. Sumberdaya lahan juga memiliki peran penting pada berbagai macam siklus di alam, antara lain siklus air, hara dan rantai pangan.

Sumberdaya lahan bagi kepentingan pertanian merupakan modal dasar yang menentukan keberhasilan budidayanya, oleh karena itu program-program pemenuhan kebutuhan produksi biomassa menjadi sangat bergantung kepada pola ketersediaan lahan. Sementara itu di satu sisi, tidak semua hamparan lahan siap dimanfaatkan dalam budidaya tanaman, tetapi sebagian kawasan terdiri dari lahan-lahan yang tidak produktif dan masuk ke dalam kriteria lahan marginal, serta di sisi lain, dari tahun ke tahun lahan produktif justru mengalami pengurangan luasan karena dimanfaatkan oleh kepentingan non-pertanian dan kerusakan karena pencemaran lingkungan dan bencana alam.

Manajemen sumberdaya lahan merupakan salah satu strategi guna melihat peran dan posisi lahan secara serba cakup, baik dari perspektif sumberdaya alam, kelestarian lingkungan dan tata cara pemanfaatan lahan yang lestari.

Yogyakarta, Februari 2014
Penyusun

Dr. Ir. Gunawan Budiyanto

Daftar Isi

KATA PENGANTAR __ v

DAFTAR ISI __ vi

BAB I. LAHAN DAN SUMBERDAYA ALAM __ 1

- A. Pengantar __ 1
- B. Tanah dan Lahan __ 16
- C. Konsep Dasar Pemanfaatan Lahan __ 18
- D. Lahan sebagai Komponen Sumberdaya Alam __ 27

BAB II. SUMBERDAYA LAHAN __ 33

- A. Lahan dan Pertanian __ 33
- B. Potensi Kerusakan Sumberdaya Lahan __ 48
 - 1. Degradasi Sumberdaya Lahan oleh Manusia __ 51
 - 2. Degradasi Sumberdaya Lahan oleh Alam __ 64
 - 3. Kebijakan Pemerintah dalam Pengelolaan Sumberdaya Lahan __ 95

BAB III. PENGELOLAAN LAHAN __ 114

- A. Lahan Kering __ 118
 - 1. Pemahaman __ 118
 - 2. Konsep Pemanfaatan Lahan Kering __ 120
 - Pembuatan guludan dan teras __ 122
 - Pengolahan tanah dan bertanam menurut garis kontur __ 125
 - Pengolahan tanah minimum atau tanpa olah __ 128
 - Penerapan pola tanam campur/pertanaman

lorong __ 129

- Penggunaan jenis dan varietas tanaman adaptif dan produktif __ 130

3. Reklamasi Singkapan Bahan Induk di Kompleks Karst __ 133

4. Pola Tanam Konservasi __ 134

B. Lahan Basah __ 137

1. Pemahaman __ 137

2. Konsep Pengelolaan Lahan Basah __ 143

C. Lahan Pasir __ 147

1. Pemahaman __ 137

2. Lahan Pasir Pantai __ 149

3. Konsep Dasar Pengelolaan Lahan Pasir Pantai __ 152

D. Lahan Gambut __ 161

1. Pemahaman __ 161

2. Tipe Pembentukan Lahan Gambut __ 170

3. Penyiapan Lahan Gambut __ 170

- Pembuatan saluran drainase __ 170

- Pembakaran dan pepadatan __ 171

- Pembuatan surjan __ 171

- Pengapuran __ 172

E. Lahan Mineral Masam __ 173

1. Pemahaman __ 173

2. Perkembangan Lahan Mineral Masam __ 177

a. Proses pelarutan gas di atmosfer oleh air hujan __ 178

b. Perombakan bahan organik __ 178

c. Proses oksidasi ion besi __ 178

d. Aplikasi pemupukan __ 179

e. Bahan induk __ 180

- f. Kegiatan mikroorganisme 180
- 3. Pendekatan Permasalahan Tanah Mineral Masam __ 180
- 4. Pengapuran Tanah Mineral Masam __ 182
- F. Lahan Bergaram __ 185
 - 1. Pemahaman __ 185
 - 2. Proses Perkembangan Tanah Salin __ 186
 - Kalsifikasi __ 187
 - Salinisasi __ 187
 - Alkalisasi __ 187
 - 3. Sodisitas __ 189
 - 4. Pengelolaan Lahan Bergaram __ 191

BAB IV. PRODUKSI BIOMASSA & PENGELOLAAN LAHAN BERKELANJUTAN __ 197

- A. Konsep Produksi Berkelanjutan __ 197
 - 1. Pemahaman __ 197
 - 2. Perubahan Iklim dan Produksi Berkelanjutan __ 207
- B. Konsep Pengelolaan Lahan Berkelanjutan __ 222
- C. Pelaksanaan Pengelolaan Lahan Berkelanjutan di Indonesia __ 231

BAB V. PENUTUP __ 235

DAFTAR PUSTAKA __ 244

BAB I LAHAN & SUMBERDAYA ALAM

A. Pengantar

Dalam mempertahankan dan melangsungkan kehidupannya, manusia sangat bergantung kepada daya dukung alam. Bahan pangan, sandang dan papan selalu didapatkan manusia dengan mengandalkan daya dukung alam. Demikian pula dengan kebutuhan manusia akan air dan kualitas udara selalu dapat dipenuhi oleh sediaan alam. Pemenuhan kebutuhan pangan manusia didasarkan kepada seberapa besar daya dukung alam dapat memberikan dukungan kepada pertanaman dalam menghasilkan sumber-sumber pangan seperti karbohidrat, serat dan senyawa-senyawa lain yang menjadi komponen penting dalam komoditi pertanian. Selain buatan manusia, pemenuhan kebutuhan sandang dan papan juga lebih banyak berasal dari produksi serat dan kayu dari pertanaman tertentu.

Bahan pangan dan sandang merupakan kebutuhan primer bagi manusia dalam melangsungkan kehidupannya. Pada saat manusia membutuhkan peningkatan kualitas kehidupannya, kebutuhan akan barang-barang sekunder yang berupa peralatan dan fasilitas hidup akan meningkat, maka ketergantungan manusia kepada sumberdaya alam semakin besar. Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk, eksploitasi alam oleh manusia juga semakin meningkat. Dunia menghadapi problem penyediaan pangan yang diakibatkan oleh laju pertumbuhan penduduk. Menurut Absori (2006), Robert Maltus menyatakan bahwa untuk menyeimbangkan pertumbuhan penduduk

(kelahiran) dan pertumbuhan kebutuhan pangan, maka produksi pangan harus ditingkatkan. Pada perkembangan selanjutnya, penyediaan kebutuhan dasar manusia bukan lagi sebatas memberikan jaminan ketersediaan dalam jangka waktu tertentu. Kebutuhan dasar manusia telah menjadi komoditi yang bernilai ekonomi. Motif ekonomi dalam memanfaatkan dan memperlakukan sumberdaya alam bukan lagi bertujuan menghasilkan kesejahteraan manusia semata, tetapi proses itu telah mendorong munculnya blok-blok kekuatan ekonomi antar bangsa. Kegiatan pemanfaatan sumberdaya alam telah masuk ke dalam sistem kapitalis yang akhirnya tidak lagi mempertimbangkan adanya kenyataan bahwa daya dukung sumberdaya alam bersifat terbatas.

Proses ketergantungan manusia kepada sumberdaya alam bersifat tetap, karena kebutuhan manusia akan sumber bahan pangan dan sandang, serta kesejahteraan hidup pada umumnya. Kemajuan teknologi yang dikuasai manusia bukanlah hendak melepaskan diri dari sifat ketergantungannya tersebut, tetapi lebih banyak mengarah kepada meningkatkan daya guna sumberdaya alam kepada manusia. Proses ketergantungan tersebut pada dasarnya berupa pemanfaatan energi matahari yang menyerupai perubahan bentuk (*transformation*) sinar matahari menjadi energi biologi melalui proses utama yang disebut dengan fotosintesis. Fotosintesis merupakan sebuah proses perubahan energi cahaya (foton) menjadi energi biologi (karbohidrat) yang terjadi di dalam organ tanaman yang disebut dengan klorofil. Sederetan proses rumit ini menurut Gunawan (2007) merupakan bentuk transformasi senyawa an-organik menjadi senyawa organik

yang pada dasarnya merupakan sebuah rantai transfer elektron dari satu pembawa elektron ke pembawa elektron lain yang berupa kompleks logam dan grup senyawa aromatik yang terikat dalam bagan protein.

Kultur bertani merupakan budaya pertama kali manusia melibatkan dan menggantungkan dirinya kepada proses pengelolaan sumberdaya alam. Penerapan kultur bercocok tanam pada jaman dahulu dan kemajuan teknologi agronomi sekarang ini, selalu menempatkan tanah sebagai medium tumbuh tanaman. Oleh karena itu tidaklah heran jika masyarakat menyebut berbagai produk pertanian dengan istilah 'hasil bumi'. Tanah merupakan bagian permukaan bumi yang melapuk dan berfungsi sebagai lumbung air dan hara bagi tanaman. Kedua fungsi inilah yang menyebabkan tanah begitu penting bagi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dalam khasanah pertanian, tanah terdiri atas tanah mineral (bahan an-organik) yang berkembang dari bahan yang berasal dari proses pelapukan batuan (mineral), dan tanah organik yang berkembang dari sedimentasi dan akumulasi bahan organik dalam berbagai tahapan dekomposisi.

Tanah merupakan sebuah bahan yang berada di permukaan bumi dan terbentuk melalui hasil interaksi unik 5 (lima) faktor pembentuk tanah, yaitu iklim (I), organisme/vegetasi (O), bahan induk (BI), relief/topografi (T) dan waktu (W) yang secara fungsional dapat dirangkai dalam persamaan :

$$\text{Tanah} = f(I, O, BI, T, W)$$

Dalam proses perkembangannya, keragaman dari 4 komponen yang pertama menyebabkan terbentuknya berbagai jenis tanah. Jenny (1980) dalam Wilding (1994) menyatakan bahwa iklim merupakan faktor primer pengendali pedogenik yang berperilaku dalam kurun waktu tertentu, dan bersama dengan vegetasi dan bahan induk yang berperanan sebagai faktor pengendali sekunder.

Tanah mineral berasal dari suatu bahan yang disebut sebagai bahan induk (*parent material*). Bahan induk dapat berupa batuan, atau bahan tanah yang diangkut dan diendapkan di suatu tempat. Bahan induk adalah suatu bahan yang belum menanggapi keadaan bidang singgung dengan atmosfer, hidrosfer dan biosfer, atau bahan yang belum menanggapi lingkungan pelapukan di tempat bahan itu berada. Dengan demikian bahan induk juga dapat berupa tanah yang tidak dipindahkan, tetapi dikarenakan terjadi perubahan-perubahan atau munculnya ketidakseimbangan baru (misalnya pembukaan hutan yang menyebabkan munculnya iklim mikro baru), tanah tersebut harus melakukan adaptasi dengan kondisi lingkungan yang baru. Sehingga menurut batasan di atas tanah yang berada dalam lingkungan baru berperan sebagai bahan induk bagi proses pembentukan tanah baru.

Dalam proses pembentukan tanah mineral pada umumnya, bahan induk tanah dapat berupa bahan hasil pelapukan batuan. Selama dalam biosfer masih berlangsung kinerja iklim, maka proses pelapukan tetap akan berlangsung. Bahan induk dapat juga berupa tanah yang karena suatu sebab diangkut dan dipindahkan di suatu tempat. Di tempat baru inilah tanah akan berperan sebagai bahan induk bagi pembentukan tanah baru. Proses pembentukan tanah secara skematis diragalkan dalam gambar 1.



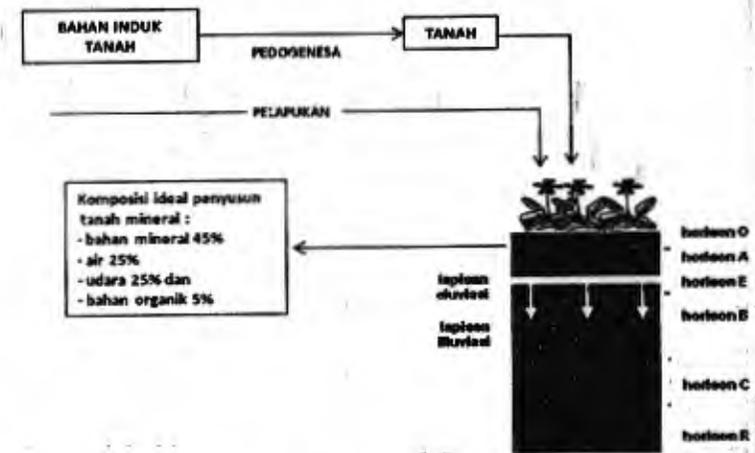
Gambar 1. Proses pembentukan tanah.

Pelapukan merupakan hasil kinerja iklim yang dapat mengakibatkan munculnya peristiwa pelapukan fisika, kimia dan biologi. Fluktuasi temperatur dan kelembaban menyebabkan perubahan bentuk dan ukuran fisik suatu bahan. Curah hujan merupakan media dari berbagai macam reaksi kimia seperti oksido-reduksi, karbonasi, hidratisasi, dehidratisasi, hidrolisa dan pelarutan. Sedangkan pelapukan biologi berpengaruh tidak langsung, terutama dalam proses dekomposisi senyawa organik dalam tanah yang dapat menghasilkan berbagai senyawa yang bersifat asam. Secara umum dalam membahas proses pelapukan,

banyak pakar yang memberikan perhatian lebih kepada kinerja iklim, terutama dua komponen iklim (curah hujan dan temperatur) yang aktif mengakibatkan perubahan - perubahan di dalam tubuh tanah. Pengaruh curah hujan terhadap proses pembentukan tanah antara lain pencucian beberapa unsur hara terutama K, Na, Ca, Mg, N dan C, serta menyediakan cairan bagi berlangsungnya reaksi kimia di dalam tanah. Sedangkan temperatur dapat memperbesar evapotranspirasi, sehingga mengusik pola gerakan air dalam tanah, serta mempercepat proses reaksi kimia yang terjadi di dalam tanah.

Rotasi bumi dan lintasan bumi dalam mengelilingi matahari menyebabkan timbulnya keragaman sinaran, panas dan energi yang masuk ke dalam orbit bumi. Pola kedudukan bumi yang dinamis menyebabkan perbedaan intensitas radiasi surya yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya perbedaan kinerja komponen - komponen iklim (cahaya, temperatur, kelembaban, hujan dan angin). Kinerja iklim berpengaruh kepada semua materi yang ada dalam ruang biosfer baik kondisi abiotik maupun biotik. Kondisi yang demikian ini memunculkan fenomena alam yang berupa panas-dingin dan basah-kering sehingga memunculkan proses pelapukan sebagai hasil adaptasi bahan atau benda yang mengalaminya. Dengan kata lain, selama masih terdapat perilaku iklim, proses pelapukan akan tetap berlangsung.

Iklim merupakan faktor pedogenik utama dalam memperkembangkan tanah sehingga tanah memiliki kenampakan spesifik secara horisontal (profil) yaitu diferensiasi horison dan munculnya sifat-sifat tanah, sebagaimana ragaan gambar 2.



Gambar 2. Proses pembentukan dan perkembangan tanah.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa proses yang terjadi di dalam tubuh tanah dari waktu ke waktu ternyata merupakan fenomena proses fisika, kimia dan biologi yang terdiri dari:

- Reaksi fisika berupa perubahan permeabilitas, perpindahan materi, pembentukan tekstur dan struktur.
- Reaksi kimia berupa pembentukan koloid, pelarutan, hidratisasi, oksidasi-reduksi dan pertukaran ion.
- Reaksi biologi yang berupa proses dekomposisi bahan organik, baik proses humifikasi (pelepasan asam humat dan asam fulvat dari materi bahan organik), mineralisasi, amonifikasi, nitrifikasi maupun fiksasi nitrogen.

Pada dasarnya semua jenis tanah di permukaan bumi menampakkan penampang irisan tegak yang disebut profil tanah yang paling tidak akan menampakkan 2 sifat utama yaitu ciri - ciri umum yang dimiliki semua profil tanah di semua posisi

geografi dan ciri - ciri khas (spesifik) yang dimiliki masing-masing profil tanah yang dapat dimanfaatkan sebagai pembeda jenis/golongan tanah.

Proses perkembangan tanah yang menimbulkan ciri - ciri umum tersebut adalah :

- Proses akumulasi bahan organik di permukaan bumi, sehingga membentuk horison O, antara lain termasuk proses yang menimbulkan ciri-ciri khas seperti pembentukan humus, gambut ataupun 'kompleks organo-mineral'.
- Proses eluviasi yang dapat membentuk horizon A, termasuk proses khas berupa pencucian basa, latosolisasi dan podzolisasi.
- Proses illuviasi, yang dapat membentuk horison B yang terdiri proses khas seperti akumulasi kapur, lempung (clay), besi dan pembentukan ciri lain.
- Proses perkembangan yang mengakibatkan timbulnya proses pembedaan (diferensiasi) horison yang teratur sebagai akibat adanya proses-proses di atas.

Pada kondisi tanah mineal pada umumnya, horizon O (organik) tidak harus berdiri sendiri sebagaimana horison lainnya. Bahkan tanah mineral pada umumnya, horizon O hanya merupakan bagian kecil dari tanah mineral. Sebagaimana disajikan dalam gambar 2, pada tanah mineral mineral pada umumnya hanya memiliki kandungan bahan organik tidak lebih dari 5%., sedangkan selebihnya adalah bahan mineral (45%), air (25%) dan udara (25%). Menurut Tejoyuwono (1993) komponen mineral merupakan frakmen batuan, mineral primer,

sekunder, sekunder dan bahan amorf. Komponen bahan organik terdiri atas akar tumbuhan, flora dan fauna penghuni tanah, sisa tumbuhan utuh dan lapuk serta bahan humik. Walaupun dalam jumlah yang kecil, bahan organik berpengaruh besar kepada sifat-sifat tanah. Cooperband (2002) menyatakan bahwa walaupun dalam persentase kecil, bahan organik merupakan dasar bagi kesehatan dan produktivitas tanah. Bahan organik juga berpengaruh pada penyimpanan dan penyediaan nutrisi tanaman seperti N,P,K, hara mikro lain dan meningkatkan kapasitas tukar kation, menstabilkan dan meningkatkan proses pembentukan agregat tanah, membuat tanah lebih tahan terhadap gaya pemampatan, meningkatkan laju infiltrasi air ke dalam tanah, mereduksi erosi, menyediakan tenaga dan karbon bagi jasad mikro tanah, menjaga siklus hara dalam tanah, serta menurunkan dampak negatif karena hadirnya sisa pestisida, logam berat dan bahan polutan lain. Mikha dan Rice (2004) menyatakan bahwa dalam sistem pertanian, memelihara kandungan bahan organik tanah telah lama diketahui dapat menurunkan proses degradasi kualitas tanah. Air mengandung berbagai zat terlarut dan tersuspensi. Udara tersusun atas uap air, gas-gas atmosfer dan gas hasil reaksi tanah. Bahan mineral dan bahan organik membentuk kerangka padatan tanah. Air dan udara berada dalam pori tanah. Sebagian air terjerap di permukaan partikel mineral dan bahan organik.

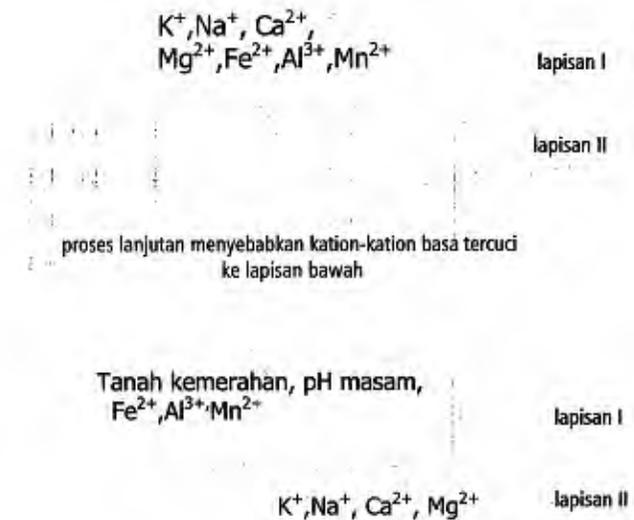
Pola susunan horison sebagaimana telah disampaikan merupakan penampang profil dalam kondisi ideal, karena untuk beberapa kondisi yang disebabkan oleh kondisi topografi, erosi, longsor, ataupun perkembangan tanah yang belum lanjut, boleh

jadi tidak semua jenis tanah memiliki profil lengkap seperti di atas.

Ciri - ciri khusus dari profil tanah muncul sebagai akibat adanya proses yang terjadi di dalam tubuh tanah dan dipengaruhi oleh kinerja curah hujan maupun temperatur. Indonesia termasuk kawasan dengan dominasi iklim tropika basah yang menyebabkan pola gerakan air ke bawah (proses pencucian) lebih dominan dibandingkan gerakan air ke atas yang disebabkan penguapan dalam temperatur tinggi. Curah hujan tinggi yang diimbangi dengan temperatur tinggi menyebabkan gaya-gaya perkembangan tanah di daerah tropika dan sub-tropika lebih cepat dan intensif serta pertumbuhan vegetasi heterogen. Temperatur tinggi mempercepat proses mineralisasi bahan organik yang dapat mengimbangi proses humifikasi sehingga terbentuk CO_2 dan H_2O . Senyawa-senyawa inilah yang dapat mempercepat dekomposisi batuan, silikat Al dan Fe dengan melarutkan beberapa logam alkali. Hasil perkembangan tanah lanjut mengakibatkan pencucian semua unsur basa, silika dan bahan organik dengan meninggalkan senyawa oksida besi, Al dan Mn dalam lapisan atas (*top soil*). Secara skematik keseluruhan proses pencucian unsur yang dapat terjadi di dalam tubuh tanah diperlihatkan dalam gambar 3.

Proses latosolisasi atau laterisasi/feralitisasi dari sudut pedogenesis dipandang sebagai proses kreatif yang dapat memunculkan sifat-sifat diagnostik dalam klasifikasi tanah, tetapi sebaliknya dari sudut pandang konservasi tanah, proses ini menyebabkan hilangnya beberapa senyawa dan bahan pematap agregat tanah permukaan. Proses kehilangan ini dapat me-

ningkatkan erodibilitas tanah (kemudahan tanah untuk ter-erosi). Proses ini sering disebut sebagai erosi kimiawi (*chemical erosion*) yang membuat tanah permukaan lebih rentan terhadap gaya-gaya penyebab erosi.



Gambar 3. Proses pencucian unsur dalam erosi kimia.

Dalam hubungannya dengan pertumbuhan tanaman, tanah disyaratkan memiliki daya dukung kesuburan fisik, kimia dan biologi. Kesuburan fisik menyebabkan tanah dapat menyediakan imbangari kandungan air dan udara dalam tanah, baik dalam proses serapan hara maupun kondisi aerob yang dibutuhkan tanaman dan proses hayati dalam tanah. Kesuburan

Komplek perbukitan dan pegunungan yang tersebar di Indonesia, terutama di pulau Jawa dan Sumatera, menyebabkan terjadinya hujan 'orografis', yaitu hujan yang dipacu dengan adanya kondensasi uap air yang mengalami pendinginan karena proses adiabatik. Indonesia merupakan Negara kelautan, karena sebaran pulau dan luas luatan yang lebih besar dibanding luas daratan. Kondisi ini menyebabkan potensi hujan lewat proses evaporasi laut di kawasan pantai. Sedangkan hutan tropik yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua menciptakan potensi hujan karena sumbangan transpirasi tanaman.

Iklim tropika basah yang dimiliki Indonesia menyebabkan agensia pelapukan dan perkembangan tanah dapat bekerja efisien sehingga proses pembentukan dan perkembangan tanah dapat melewati empat tahap yaitu :

- Tahap awal atau Entik, yaitu tanah sedang mengalami pembentukan awal dan perkembangan sehingga mempunyai solum/profil dangkal, dengan sebaran fragmen batuan yang terdapat dalam profilnya, kapasitas tukar kation tinggi dan dominasi mineral lempung (*clay mineral*) tipe 2:1. Kadangkala sifat-sifat tanahnya masih sangat kuat dipengaruhi sifat batuan induknya.
- Tahap Kambik yaitu tahap pelapukan yang membentuk mineral lempung yang diikuti dengan kenaikan kandungan mineral lempung tipe 2:1 termasuk kandungan senyawa besi.
- Tahap Argilik yaitu tahap pembentukan dan perkembangan tanah yang mengakibatkan peningkatan

mineral kaolinit melebihi mineral lempung tipe 2:1. Pada tahap ini terdapat keseimbangan antara pembentukan dan pelapukan mineral lempung. Pelapukan lempung yang terjadi akan membebaskan silika dan aluminium. Proses pencucian yang mulai terjadi menyebabkan sebagian silikat akan keluar dari horison atas dan sebagian mengkristal sebagai kuarsa. Sedangkan pelepasan aluminium sebagai unsur bebas akan meningkat seiring dengan perubahan senyawa besi menjadi oksida besi dalam bentuk amorf maupun menjadi kristal geotit.

- Tahap Oksik yaitu perkembangan tanah lebih lanjut dengan ciri-ciri menurunnya kandungan mineral lempung tipe 2:1 yang akan mengubah sifat-sifat tanah terutama struktur tanah dan agregat. Pencucian yang berlangsung lanjut menyebabkan sebagian besar basa dipindah-tematkan ke dalam horison yang lebih dalam atau bahkan keluar dari profil sehingga kapasitas tukar kationnya rendah.

Keragaman faktor pembentuk tanah yang dimiliki (iklim, vegetasi, bahan induk, topografi dan waktu) menyebabkan keragaman jenis tanah yang ada di Indonesia, mulai dari sebaran tanah yang telah berkembang lanjut, maupun tanah-tanah muda yang berada di kawasan gunung aktif.

B. Tanah dan Lahan

Tanah merupakan fenomena hasil bentukan alam yang melibatkan banyak faktor antara lain iklim, bahan induk, organisme/vegetasi, timbunan dan waktu. Tanah merupakan fenomena alam berbentuk ujud yang merupakan timbunan partikel tanah yang terdiri dari fraksi pasir, debu dan lempung. Tanah juga merupakan fenomena alam yang berbentuk proses, yaitu merupakan hasil proses pembentukan dan perkembangan tanah, sehingga memiliki kecirian yang dipengaruhi oleh lingkungan terbentuknya tanah tersebut. Ciri-ciri tanah lebih banyak dibentuk oleh pengaruh iklim selama bahan induk tanah tersebut beradaptasi dengan komponen-komponen iklim. Selain itu, tanah juga dapat berupa fenomena alam yang berbentuk fungsi yang berhubungan dengan penyediaan air, udara dan hara bagi tanaman. Proses penyediaan ini berhubungan dengan fungsi tanah sebagai medium tumbuh. Hamparan lahan yang dimanfaatkan untuk tujuan tertentu disebut dengan lahan, dan jika sebidang tanah dimanfaatkan dalam proses produksi biomassa disebut dengan lahan pertanian. Hasil interaksi antara komponen-komponen lahan dan kondisi lingkungan baik yang bersifat biotik maupun abiotik akhirnya menciptakan kondisi ekosistem yang spesifik bagi pemanfaatan kegiatan pertanian tertentu, hasil interaksi ini disebut dengan agroekosistem.

Dalam fungsinya sebagai modal dasar produksi biomassa, lahan tidak sekadar memiliki pengertian "sebidang tanah yang dimanfaatkan", tetapi terdapat proses kaita-mengait baik yang berada di dalam tanah dan permukaan tanah. Lahan dalam fungsinya sebagai modal dasar pertanian bukan saja berfungsi

sebagai penyedia hara dan air saja, tetapi lebih luas, daya dukung lahan kepada pertanaman lebih banyak ditentukan oleh interaksi antara lahan dan interaksinya dengan kondisi permukaan lahan serta faktor-faktor lingkungan. Kondisi bawah permukaan tanah yang mempengaruhi kualitas lahan antara lain, tebal lapisan organik, pH tanah, struktur dan tekstur tanah, kedalaman jeluk efektif, ada tidaknya lapisan kedap, kondisi keairan, tebal regolit tanah

Didalam melangsungkan pertumbuhan dan perkembangannya, tanaman membutuhkan dua faktor pendukung utama, yaitu kondisi agroklimat dan daya dukung lahan. Kondisi agroklimat banyak berperan dalam memberikan daya dukung iklim seperti panjang dan intensitas matahari, temperatur, kelembaban udara, perilaku angin dan sebaran curah hujan. Sementara daya dukung lahan secara prinsip dapat memberikan sumbangan pada peran tanah sebagai lumbung lengas dan hara (*moisture and nutrient resources*).

Pedosfer (hamparan tanah) bersama-sama dengan atmosfer, hidrosfer, litosfer dan biosfer merupakan komponen lahan. Oleh karena itu watak dan perilaku lahan lebih banyak dipengaruhi oleh hasil interaksi komponen-komponen lahan. Undang-undang Nomor 41 Tahun 2009, Tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan, Pasal 1 ayat (1) menjelaskan bahwa lahan adalah bagian daratan dari permukaan bumi sebagai suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah beserta segenap faktor yang mempengaruhi penggunaannya seperti iklim, relief, aspek geologi dan hidrologi yang terbentuk secara alami maupun akibat pengaruh manusia. Sedangkan ayat (2) dari pasal

di atas menyatakan bahwa lahan pertanian adalah bidang lahan yang digunakan untuk usaha pertanian.

Pengertian lain tentang lahan pertanian adalah bagian dari daratan yang dimanfaatkan dalam kegiatan pertanian atau sebidang tanah yang dimanfaatkan dalam kegiatan budidaya pertanian. Dalam pemahaman yang lebih luas, Sri Astuti (2010) menyatakan bahwa lahan merupakan bagian dari bentang lahan (lanskap) yang meliputi lingkungan fisik, termasuk iklim, topografi/relief, hidrologi, tanah dan keadaan vegetasi alami yang semuanya secara potensial akan berpengaruh terhadap penggunaan lahan. Dalam perspektif geografi Brinkman dan Smyth (1973) sebagaimana diungkap kembali oleh McRae dan Burnham (1981) menyatakan bahwa lahan menyangkut suatu siklus yang dapat diprediksi yang terdiri dari kondisi kondisi dalam biosfer, baik di bawah dan di atas permukaannya, termasuk kondisi atmosfer, tanah dan kondisi geologi yang mendasarinya, kondisi hidrologi serta populasi tanaman dan hewan.

C. Konsep Dasar Pemanfaatan Lahan

Pada dasarnya manusia membutuhkan luasan suatu bentang tanah (lahan) yang membentuk sebuah sistem dengan kondisi lingkungan abiotik dan biotik lain (agroekosistem) untuk meneruskan kehidupannya. Dasar pemanfaatan lahan tersebut selalu disesuaikan dengan kondisi dan karakteristik lahan yang akan dipergunakan. Interaksi manusia dan lahan garapannya kemudian memunculkan suatu cara pendekatan yang dipandang cukup efisien. Praktek - praktek pengolahan lahan, pemupukan, tatacara penyiraman dan penentuan musim tanam boleh jadi

merupakan suatu hasil interaksi manusia dan lahan, sehingga manusia dapat mengenal sifat - sifat dan karakteristik lahan garapannya. Petani merupakan salah satu pengguna lahan yang barangkali cukup sempurna mengenali lahan selama puluhan tahun, dan hasil interaksi ini cenderung menjelma menjadi kultur bertani yang spesifik pada kawasan - kawasan terbatas (praktek bertani dengan kearifan lokal). Sehingga tidaklah heran jika tata cara bertani antara satu daerah dengan daerah lain acapkali muncul perbedaan - perbedaan.

Konsep dasar pemanfaatan lahan merupakan sebuah rencana atau upaya pemanfaatan lahan sesuai dengan daya dukung atau kemampuan yang dimiliki lahan. Konsep ini harus didukung oleh produk legalitas yang jelas, agar lahan - lahan yang berkemampuan dan dapat mempunyai produktivitas tinggi tidak dimanfaatkan dengan mengabaikan potensi yang dimiliki lahan. Persaingan penggunaan lahan untuk berbagai bidang kepentingan, dalam skala regional dan nasional, lahan produktif semakin banyak yang beralih fungsi, di samping pula lantaran kerusakan - kerusakan tanah akibat pola penggunaan yang tidak memenuhi kaedah kelestarian, maka mulai muncul persaingan penggunaan lahan pada berbagai tingkat kebutuhan. Persaingan tersebut dapat terjadi antar sesama kebutuhan pertanian ataupun antara kebutuhan pertanian dengan kebutuhan - kebutuhan lain di luar pertanian. Menurut data Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (2005), alih fungsi lahan sawah di pulau Jawa pada tahun 1999-2002 mencapai 167.150 hektar dan di luar Jawa seluas 396.009 hektar (Djaenudin, 2008). Permasalahan ini harus segera diatasi,

terbitnya Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan merupakan sebuah harapan yang dalam pelaksanaannya dapat mencegah laju alih fungsi lahan pertanian.

Permasalahan mendasar dalam memanfaatkan lahan sebenarnya terletak pada tidak adanya suatu pedoman dalam menggunakan lahan. Sebagian besar pola penggunaan lahan dalam skala sangat luas, lebih banyak didasarkan pada hasil pengembangan konsep - konsep bertani dan berkebun. Padahal konsep - konsep dasar ini seringkali hanya merupakan sebuah hasil interaksi dan pemahaman kultur bertani dan berkebun dalam skala yang terbatas, sebatas lahan yang dimiliki atau dikuasai petani. Sementara dalam praktek - praktek penggunaan lahan dalam skala yang lebih luas dibutuhkan pengetahuan utuh tentang adanya keterkaitan dalam suatu sistem daur alam yang menyeluruh. Oleh karena itu, untuk memanfaatkan lahan dalam skala lebih luas ataupun suatu upaya untuk memanfaatkan lahan lahan bukaan baru, paling tidak dibutuhkan informasi tentang potensi lahan, kesesuaian lahan serta tindakan - tindakan yang diperlukan jika suatu lahan akan dimanfaatkan. Faktor fisik lingkungan seperti sifat dan potensi lahan biasanya dijadikan dasar untuk menduga lebih jauh potensi sumberdaya lahan untuk pola penggunaan tertentu, pekerjaan ini biasanya disebut evaluasi sumberdaya lahan. Menurut Santun, R.P. (2004) evaluasi sumberdaya lahan adalah memberikan pengertian tentang hubungan-hubungan antara kondisi lahan dan penggunaannya, serta memberikan kepada perencana berbagai perbandingan dan pilihan penggunaan yang dapat diharapkan berhasil.

Hubungan manusia dengan lahan dalam format besar pengelolaan lahan sebenarnya banyak melibatkan beberapa komponen dan secara menyeluruh merupakan gabungan dari pemahaman faktor potensi lahan, tujuan pemanfaatan serta tindakan yang diperlukan. Sedangkan pengalaman pragmatis di tingkat petani, pemanfaatan lahan tidak harus berupa konsep yang berisi tahapan-tahapan yang harus dilalui dalam rencana pemanfaatan lahan, tetapi lebih merupakan proses pewarisan budaya dan pengetahuan dari satu generasi petani kepada generasi berikutnya. Input yang diterima kemudian oleh petani lebih bersifat perbaikan teknis dan invasi teknologi budidaya pertanian. Keterkaitan komponen - komponen yang terapat dalam proses pemanfaatan lahan dirangkai dalam gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa rencana pemanfaatan lahan harus berdasar kepada potensi nyata yang dimiliki lahan tersebut serta secara cermat dapat menentukan tindakan perbaikan untuk mengurangi kendala dan faktor pembatas yang dimiliki lahan tersebut. Sehingga dengan demikian konsep pemanfaatan lahan di suatu tempat dapat menjadi sebuah pelaksanaan pemanfaatan lahan yang secara utuh memang mewakili sebuah konsep pengelolaan lahan yang menyeluruh. Dalam pertimbangan yang lebih luas pemanfaatan lahan dapat dipengaruhi oleh faktor potensi lahan, sosial-ekonomi dan produk legal formal. Potensi lahan adalah tanah, iklim, kondisi fisiografi dan geologi serta komunitas flora dan fauna, serta manusia.



Gambar 5. Skema pemanfaatan lahan.

Tanah merupakan salah satu komponen sumberdaya lahan yang berpengaruh sepanjang lahan tersebut dimanfaatkan. Hal ini mudah dipahami karena secara keseluruhan kegiatan manusia diselenggarakan di atas permukaan tanah. Kegiatan yang melibatkan proses biologi yang mengaitkan pola interaksi antara tanah dan tanaman (bidang pertanian, penataan lingkungan maupun lanskap untuk berbagai macam kebutuhan, kehutanan dan kebutuhan - kebutuhan khusus seperti taman rekreasi, padang golf), maka tanah harus dipandang sebagai suatu benda hidup yang secara dinamis memiliki peran dan pengaruh tidak terputuskan terhadap kegiatan manusia di permukaan bumi. Oleh karena itu tanah sebagai medium tumbuh dan bioreaktor alam harus diperikan dan dicandra lebih cermat. Menurut Santun,R.P. (2004) tanah dapat dipetakan sebagai tubuh alami untuk keperluan studi fenomena alam, terutama yang berhubungan dengan genesis, klasifikasi dan penyebarannya, serta hubungannya dengan berbagai konsep ilmu alam lainnya, seperti bahan induk, iklim organisme dan relief. Kajian ini pada

umumnya akan menghasilkan peta-peta dengan skala yang bervariasi dari skala sangat kecil (1:500.000 sampai 1:20.000.000) sampai skala yang sangat besar (1:1.000 sampai 1:10.000). Peta tanah dengan skala kecil perhatiannya lebih diarahkan pada korelasi antara tanah, iklim dan jenis/tipe vegetasi utama. Pemetaan dengan skala besar dimanfaatkan untuk mempelajari lebih rinci hubungan antara tanah sebagai satuan terkecil dari bentang lahan (lanskap).

Iklim berperilaku sepanjang energi matahari sampai di orbit bumi dan sebagai akibatnya iklim berpengaruh kepada semua materi yang berada di bumi. Biosfer sebagai bagian dari bumi yang didiami oleh organisme, merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari daur bumi secara menyeluruh. Oleh karenanya sebagai salah satu bentuk materi yang tidak dapat lepas dari matra ruang dan waktu, seluruh bagian bumi dipengaruhi oleh kinerja iklim yang bersumber dari pancaran energi matahari. Interaksi lingkungan ataupun hasil adaptasi materi yang ada di bumi dengan kinerja iklim akan menghasilkan suatu kondisi yang dapat diukur dan diberi nilai tertentu. Tanah sebagai satuan terkecil dari lahan, dalam proses pembentukan dan perkembangannya selalu dipengaruhi oleh kinerja iklim, karena dalam proses pembentukan tanah, tanah merupakan fungsi kait-mengait antara bahan induk, iklim, vegetasi/organisme, relief dan waktu. Sedangkan lahan juga selalu dipengaruhi dan beradaptasi dengan iklim, dengan kata lain harkat suatu bentang lahan dari waktu ke waktu selalu dipengaruhi oleh kinerja iklim.

Data iklim pada umumnya dapat diperoleh dari stasiun pengamatan iklim. Pada stasiun yang lengkap, biasanya

pengukuran iklim dilaksanakan untuk semua komponen iklim yaitu panjang dan intensitas sinaran matahari, temperatur, kelembaban relatif, curah hujan, evaporasi serta arah dan kecepatan angin. Hasil pengukuran curah hujan dan evapotranspirasi potensial merupakan data yang sangat penting untuk memperkirakan sediaan air di suatu kawasan di sekitar stasiun iklim tersebut. Data iklim juga disajikan dalam bentuk informasi yang lebih lengkap, terutama jika dihubungkan dengan tingkat kesesuaian iklim terhadap jenis komoditi tertentu di suatu kawasan (zona agroklimat).

Topografi adalah kondisi perbedaan tinggi posisi bentuk permukaan bumi satu dengan lainnya. Secara sepintas, kondisi topografi suatu lahan mempengaruhi nilai suatu lahan. Lahan yang bertopografi datar pada umumnya dinilai lebih baik dibanding yang bertopografi miring, berombak ataupun bergelombang. Di sisi lain, kondisi topografi berpengaruh langsung terhadap kualitas lahan, terutama pengaruhnya terhadap kemungkinan bahaya erosi dan longsor serta mudah tidaknya untuk diusahakan. Kondisi topografi juga menentukan suatu tanah memiliki solum dalam atau dangkal, serta terbentuknya tanah gambut topogenus yang diakibatkan oleh adanya sedimentasi bahan organik di dalam cekungan yang ada di permukaan bumi. Untuk memahami kinerja topografi terhadap proses perkembangan tanah dan kualitas lahan, topografi digolongkan berdasarkan tingkat kemiringan lahan, yaitu datar (0 - 3,0%), berombak (3,1 - 8,0%), bergelombang (8,1 - 15,0%), berbukit (15,1% - 30,0%), bergunung/curam (30,1 - 45,0%) dan sangat curam (lebih besar 45,0%).

Komponen terkecil penyusun lahan adalah tanah. Tanah berkembang dari suatu bahan yang disebut dengan bahan induk tanah. Jika suatu tanah berkembang dari bahan induk berasal dari proses pelapukan batuan, tanah tersebut disebut dengan tanah mineral. Batuan tidak dapat dilepaskan dari kondisi litosfer (bagian dari bumi yang ditempati batuan dan aktivitas volkan), yang berhubungan dengan kondisi geologi di tempat tersebut. Dengan demikian terdapat hubungan erat antara kualitas lahan dengan formasi geologi di suatu tempat.

Komunitas flora, fauna dan manusia di suatu kawasan biasanya dapat dijadikan sebagai gambaran adanya interaksi faktor biotik dan abiotik. Informasi vegetasi dalam rencana pemanfaatan lahan dapat dijadikan sebagai petunjuk awal tingkat kecocokan suatu spesies tanaman. Vegetasi merupakan salah satu unsur lahan yang dapat berkembang secara alami atau dapat merupakan hasil kegiatan manusia baik pada masa lalu maupun sekarang. Keberadaan vegetasi setempat merupakan informasi yang lebih lengkap, karena keberadaan vegetasi merupakan gambaran adanya interaksi faktor biotik dan abiotik, apalagi jika lahan yang bersangkutan merupakan lahan yang sedang diusahakan, maka informasi vegetasi yang dibutuhkan bukan sekadar potensi produksi suatu jenis komoditi, tetapi juga dapat pula dicari informasi teknis pembudidayaannya.

Pemanfaatan suatu bentang lahan bukanlah merencanakan kegiatan sesaat, tetapi dengan adanya perencanaan yang matang, pemanfaatan bentang lahan dapat berjalan lestari dan memberikan manfaat dalam waktu lama. Salah satu yang penting untuk diperhatikan disini adalah

informasi sosial-ekonomi di tempat rencana pemanfaatan lahan tersebut dilaksanakan. Informasi sosial mutlak dibutuhkan jika lahan yang akan dimanfaatkan berdekatan dengan komunitas atau hunian tertentu. Paling tidak secara historis, di tempat tersebut telah berkembang suatu kultur teknis pemanfaatan lahan oleh penduduk setempat. Informasi sosial sangatlah penting terutama untuk menetapkan pola teknologi yang tepat bagi lahan yang bersangkutan. Acapkali teknologi yang diterapkan merupakan hasil adaptasi dan pengembangan teknik setempat, oleh karenanya menjadi lebih mudah diadopsi penduduk setempat. Di samping hal tersebut, pencarian indikator-indikator sosial menjadi sangat penting, terutama dalam menghindari konflik sosial di kemudian hari, apalagi menyangkut masalah kepemilikan lahan baik secara perorangan maupun oleh lembaga adat.

Program pengembangan suatu wilayah sebaiknya berbasis pada kondisi dan indikator ekonomi setempat. Di samping itu, faktor ekonomi merupakan pertimbangan - pertimbangan kapital atas dijalankannya rencana pemanfaatan lahan. Informasi sosial ekonomi dalam merencanakan pemanfaatan bentang lahan memiliki kepentingan antara lain mengetahui sumberdaya wilayah (sumberdaya alam, manusia, modal dan teknologi), mengetahui kendala-kendala pengembangan kawasan, misal kendala internal (teknis, ekonomi dan sosial) dan kendala eksternal (ekonomi makro, nasional dan internasional), serta mengetahui peluang pengembangan komoditi pertanian untuk memenuhi kebutuhan pasar lokal, pasar regional, nasional dan kalau mungkin pasar internasional.

D. Lahan sebagai Komponen Sumberdaya Alam

Lahan merupakan bagian dari sistem daratan yang memiliki peran penting dalam memberikan dukungan bagi keberlangsungan makhluk hidup dalam biosfer. Bersama dengan komponen lingkungan baik biotik maupun abiotik lainnya, lahan membentuk sebuah sistem lingkungan (ekosistem) dalam menyediakan bahan pangan, sandang, papan, energi dan material lain yang dibutuhkan manusia. Bahan - bahan yang dibutuhkan manusia ini dapat disediakan alam, dan dengan ilmu pengetahuan manusia menciptakan teknologi sehingga materi yang terdapat di alam dapat dimanfaatkan dan selanjutnya menjadi sumberdaya alam.

Bumi terdiri atas beberapa bagian antara lain, biosfer, hidrosfer, litosfer dan atmosfer. Biosfer merupakan bagian bumi yang ditempati makhluk hidup. Di dalam biosfer ini terdapat berbagai macam flora dan fauna yang bergantung kepada kualitas daya dukung lahan. Di satu sisi, lahan dipengaruhi oleh interaksi komponen-komponen pembentuk lahan yaitu hamparan tanah, atmosfer, hidrosfer, litosfer dan biosfer, serta di sisi lain lahan membentuk sistem ruang bagi semua proses kehidupan di permukaan bumi yang dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, hidrosfer, litosfer dan atmosfer. Bumi yang terbagi atas beberapa bagian (ruang) akhirnya menciptakan sumberdaya alam yang masing-masing bagian tersebut memiliki manfaat bagi manusia.

Sumberdaya alam adalah sesuatu yang berguna dan bernilai ekonomi bagi manusia. Pengertian sumberdaya alam memiliki beberapa batasan antara lain benda atau bahan tersebut

secara nyata hadir di ruang alam, dapat diperoleh melalui upaya atau usaha tertentu serta yang terpenting benda atau bahan tersebut bermanfaat bagi manusia.

Berdasarkan ruang alam yang ditempatinya, secara garis besar sumberdaya alam dibagi menjadi sumberdaya daratan, kelautan/perairan dan udara. Sumberdaya daratan dapat terdiri atas lahan, hutan, margastwa air dan mineral. Sumberdaya kelautan berupa kekayaan hasil laut (flora dan fauna laut), dan mineral. Sedangkan sumberdaya udara sangat berkaitan dengan tingkat kesehatan dan kualitas udara serta komponen iklim.

Kriteria sumberdaya alam bersifat dinamis. Benda yang pada waktu lalu tidak diketahui manfaatnya, ternyata di kemudian hari berkat kemajuan pengetahuan dan teknologi dapat menjadi sumberdaya alam karena dapat dimanfaatkan manusia. Oleh karenanya lingkup pemahaman sumberdaya alam mengarah kepada semua bentuk pemberian alam baik di permukaan, di bawah dan di atas tanah, yang bersifat hidup (biotik) maupun tak hidup (abiotik). Dalam membicarakan sumberdaya alam, manusia berposisi sebagai subyek penerima manfaat. Dengan demikian jika dihubungkan dengan cipta, karsa dan karya manusia, pemahaman sumberdaya alam dapat berkembang karena dipengaruhi oleh kemajuan teknologi, sistem ekonomi dan sosial, sehingga pembahasan sumberdaya alam bukan sebatas membicarakan eksistensi benda di alam ini tapi juga sistem yang mendaur yang bermanfaat bagi manusia seperti kondisi ekosistem dan budaya.

Berdasarkan ujudnya, sumberdaya alam dibedakan menjadi sumberdaya lahan, sumberdaya hutan, sumberdaya air

dan sumberdaya mineral. Sumberdaya lahan, hutan, air dan sebagian sumberdaya mineral yang berbentuk unsur hara dihubungkan secara fungsional dalam proses fiksasi foton (fotosintesis) untuk memproduksi biomassa.

Sumberdaya lahan, hutan dan air merupakan bentuk sumberdaya alam yang memiliki keterkaitan langsung dalam siklus ekosistem. Sumberdaya lahan merupakan sediaan alam yang dimanfaatkan di samping fungsinya sebagai médium tumbuh, juga berfungsi sebagai lumbung hara dan air. Di satu sisi lumbung hara dan air dapat memberikan dukungan kepada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Di sisi lain fungsi lahan sebagai lumbung air dibutuhkan manusia sebagai sumber air bersih. Lahan merupakan bioreaktor alam yang dinamis yang melibatkan komponen lingkungan yang bersifat abiotik maupun biotik. Kinerja komponen-komponen lahan seperti tanah, iklim, topografi, hidrologi dan vegetasi yang dapat menciptakan peluang-peluang pemanfaatannya. Dengan demikian, lahan dalam hubungannya dengan ujud sumberdaya alam lain, berfungsi sebagai lumbung (*reservoir*) bagi hutan untuk mendapatkan air dan mineral.

Hutan memiliki sumberdaya yang dapat diambil manfaatnya baik secara langsung maupun tidak langsung. Hasil hutan yang berupa kayu dan bentuk morfologi tanaman lainnya merupakan manfaat langsung yang didapatkan dalam sistem hutan. Sedangkan manfaat tidak langsung yang dapat disediakan hutan adalah kestabilan ekosistem hulu, penciptaan iklim mikro, cadangan air dan hara bagi kawasan hilir.

Sumberdaya air meliputi seluruh persediaan air baik yang berada di permukaan bumi, dalam pori-pori tanah maupun yang tersimpan di atas lapis kedap bawah permukaan. Sediaan air demikian penting bagi peradaban, karena tanpa air manusia tidak dapat melangsungkan kehidupannya. Jumlah air di alam tidak pernah berkurang, tetapi air dapat saja hilang dari suatu kawasan karena suatu sebab yang berhubungan dengan pergeseran tabiat lingkungan. Penurunan kualitas lingkungan bolehjadi menyebabkan terjadinya pergeseran pola siklus hidro-orologis yang dapat menurunkan sediaan air di suatu kawasan. Dalam hubungannya dengan pemenuhan kebutuhan air bagi manusia, penyediaan air tidak hanya mementingkan kuantitasnya saja, tetapi kualitas air menjadi masalah penting di tengah kerusakan fungsi lingkungan. Pengurangan luasan vegetasi menyebabkan peningkatan luasan lahan yang terbuka dan terancam erosi. Erosi yang berkepanjangan di samping menurunkan kualitas air irigasi juga menyebabkan terbawanya materi tanah kawasan hulu dalam bentuk suspensi terpindahkan yang akan diendapkan di kawasan hilir. Sedimentasi suspensi ini menyebabkan penurunan kapasitas infiltrasi tanah yang akan berakibat pada berkurangnya jumlah air yang dapat tersimpan dalam tanah.

Sumberdaya mineral bersumber dari proses pelapukan batuan, yang bermula dari proses pelapukan batuan kompleks menjadi mineral primer, sekunder dan tersier yang kemudian dapat melepaskan unsur-unsur penyusun mineral yang dibutuhkan tanaman. Mineral juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri untuk menghasilkan barang ekonomi lain. Dengan demikian sumberdaya mineral dapat berupa unsur -

unsur sebagai komponen kesuburan lahan dan bahan mineral yang dapat diolah lebih lanjut.

Sumberdaya alam merupakan sediaan alam yang tidak bersifat tetap dan tidak selamanya dapat mendukung penghidupan manusia. Kesalahan pengelolaan sumberdaya alam dan peningkatan ketergantungan manusia kepada sumberdaya alam serta sifat-sifat keserakahan yang lebih bermotifkan ekonomi dapat mempercepat degradasi kualitas sumberdaya alam. Berdasarkan ketersediaannya, sumberdaya alam dibedakan menjadi sumberdaya alam yang tidak dapat musnah seperti energi matahari, udara dan air hujan, serta sumberdaya alam yang dapat musnah seperti lahan, hutan, margasatwa, batubara, minyak bumi dan bahan tambang lain.

Pembedaan sumberdaya alam berdasarkan ketersediaannya tidak tepat seluruhnya. Sebagai contohnya, udara dan air hujan walaupun dikategorikan sebagai sumberdaya alam yang tidak akan musnah, tetapi dengan kualitas yang semakin menurun tentunya kelimpahannya tidak lagi menguntungkan bagi manusia. Sementara itu lahan maupun hutan yang dikategorikan dapat musnah, dapat dicegah proses kemusnahannya dengan menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dimiliki manusia, misalnya dengan upaya penghutanan kembali, membangun sistem perundangan yang memungkinkan hutan - hutan produktif terkonservasi dengan baik, ataupun meningkatkan produktivitas lahan sambil menurunkan laju erosi.

Sumberdaya alam juga dapat dipilahkan berdasarkan proses pemulihannya atau dapat tidaknya dilaksanakan

rehabilitasi. Atas dasar hal tersebut sumberdaya alam dibagi menjadi dua bagian besar yaitu sumberdaya alam terbarukan (*renewable natural resources*) dan sumberdaya alam tidak dapat diperbarui (*non-renewable* atau *stock natural resources*).

BAB II SUMBERDAYA LAHAN

A. Lahan dan Pertanian

Lahan merupakan bentang tanah yang dimanfaatkan dan merupakan modal dasar proses produksi biomassa. Selain sebagai medium tumbuh tanaman, dalam bahasan yang lebih luas, lahan merupakan komponen lingkungan yang dapat menciptakan dan memberikan daya dukung proses kehidupan di permukaan bumi. Dalam hubungannya sebagai medium tumbuh tanaman dan vegetasi pada umumnya, lahan memainkan peran penting dalam daur hara, air, udara dan penjagaan kualitas sistem lingkungan (ekosistem). Ekosistem merupakan sistem alam yang melibatkan komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi membentuk sebuah sistem yang mendaur. Suatu sistem pemanfaatan daya dukung ekosistem dalam proses produksi biomassa disebut agroekosistem.

Agroekosistem adalah ekosistem yang dibutuhkan dalam proses produksi biomassa. Elemen penting agroekosistem adalah daya tahan, pemerataan dan keberlanjutan ekosistem dalam suatu proses produksi. Oleh karena itu pembangunan agroekosistem selalu berupaya menghubungkan antara lingkungan, budaya, ekonomi, masyarakat dan model pertanian setempat (IAASTD, 2008). Menurut Altieri (2000) agroekosistem adalah populasi tanaman dan binatang yang saling berinteraksi dengan lingkungan fisik dan kimia, dan merupakan sumber pangan, serat-seratan, bahan bakar dan bentuk produk biomassa lain yang dapat diproses lebih lanjut oleh manusia. Reinjntjes, *et al.* (1992)

dalam Altieri (2000) menyampaikan bahwa keberlanjutan ekosistem harus didasarkan pada prinsip-prinsip lingkungan sebagai berikut:

- a. Meningkatkan daur ulang biomassa dan mengoptimalkan ketersediaan hara dan keseimbangan aliran hara.
- b. Mempertahankan kesesuaian kondisi tanah bagi pertumbuhan tanaman, terutama melalui pengelolaan bahan organik dan meningkatkan aktivitas biota tanah.
- c. Meminimalisir in-efisiensi radiasi surya, udara, air melalui pengelolaan iklim mikro, memanen hujan dan pengelolaan tanah melalui pemanfaatan vegetasi penutup tanah.
- d. Diversifikasi spesies dan genetik dari agroekosistem per satuan waktu dan ruang.
- e. Meningkatkan interaksi biologi yang menguntungkan dan sinergi antara komponen keragaman hayati sehingga menghasilkan dukungan kepada proses dan keuntungan yang dapat diberikan lingkungan.

Rao dan Rogers (2006) menyatakan bahwa agroekosistem menyangkut permasalahan global yang mempersatukan urusan manusia, ekonomi dan lingkungan. Dengan mengadopsi kompleksitas yang disampaikan Conway (1997), agroekosistem memiliki hirarki sebagai berikut:



Skema di atas menunjukkan bahwa kegiatan pertanian merupakan dasar keberlangsungan kehidupan di permukaan bumi. Rao dan Rogers (2006) menyatakan bahwa kegiatan pertanian bukan saja dipengaruhi oleh lingkungan tetapi secara langsung juga dipengaruhi oleh perubahan-perubahan yang terjadi dalam lingkungan. Di banyak negara berkembang yang menjadikan pertanian sebagai mata pencaharian utama, faktor sosial dan ekonomi memiliki pengaruh kuat kepada perubahan lingkungan.

Conway (1997) menyatakan bahwa sebuah agroekosistem adalah sebuah sistem yang menggabungkan lingkungan dan sosial-ekonomi yang terdiri atas tanaman dan/atau ternak serta manusia sebagai pengelola untuk menghasilkan pangan, dan atau produk pertanian lain. Dalam hirarki tersebut ditunjukkan bahwa isu-isu penyediaan produk biomassa menjadi struktur dasar

keberlangsungan kehidupan di muka bumi ini. Bahkan ICRA (1999) menyatakan bahwa melihat kompleksitasnya, agro-ekosistem dapat dilihat dari dimensi lingkungan dan dimensi sosial. Dari dimensi lingkungan, agroekosistem akan berhubungan dengan keberadaan organ, organisme, populasi dan akhirnya membentuk ekosistem. Sedangkan dari dimensi sosial, agroekosistem merupakan kepentingan manusia sebagai mahluk sosial mulai dari individual, rumah tangga, komunitas, distrik/wilayah, bangsa dan ruang biosfer.

Lahan adalah bagian daratan dari permukaan bumi sebagai lingkungan fisik yang meliputi tanah beserta segenap faktor yang mempengaruhi penggunaannya seperti iklim, relief, aspek geologi dan hidrologi yang terbentuk secara alami maupun akibat pengaruh manusia (Undang-undang Nomor 41 Tahun 2009, Pasal 1 ayat (1)). Berdasarkan pemahaman tersebut, maka sumberdaya lahan adalah hamparan tanah yang merupakan bagian daratan dan faktor fisik yang melingkupinya seperti iklim, relief/topografi, aspek geologi dan hidrologi yang dapat dimanfaatkan manusia untuk berbagai keperluan. Oleh karenanya jika dimanfaatkan untuk pertanian, sumberdaya lahan masuk dalam kriteria lahan pertanian.

Sumberdaya lahan merupakan modal dasar bagi pertanian. Dalam memenuhi kebutuhan penyediaan pangan saja, sumberdaya lahan menjadi perhatian utama para pakar penyusunan kebijakan ketahanan pangan nasional. Bahkan Dewan Riset Nasional (DRN) telah menetapkan ketahanan pangan sebagai salah satu agenda riset tahun 2006-2009. Di satu sisi tanah adalah medium tumbuh tanaman pangan, dan di sisi

lain lahan adalah penyedia daya dukung pertanaman tanaman pangan. Dengan demikian ketahanan pangan sangat mengandalkan daya dukung lahan, sehingga riset-riset yang dimaksudkan juga termasuk berbagai upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan. Departemen (Kementerian) Pertanian telah menyusun visi dan arah pembangunan pertanian jangka panjang 2005-2025, dengan sasaran jangka panjang adalah (1) terwujudnya sistem pertanian industrial yang berdaya saing, (2) mantapnya ketahanan pangan secara mandiri, (3) terciptanya kesempatan kerja penuh bagi masyarakat pertanian dan (4) terhapusnya kemiskinan sektor pertanian (Gunawan, 2010). Tahun 2008, untuk kedua kalinya Indonesia berhasil mencapai swa sembada beras, yang merupakan hasil dari kerja keras dalam meningkatkan luas tanam dan produktivitas lahan. Hal senada juga disampaikan Suntoro (2006) bahwa saat ini pemerintah telah menetapkan program ketahanan pangan sebagai prioritas kebijakan pembangunan pertanian. Dalam program ini mencakup usaha-usaha meraih kembali swasembada beras yang pada tahun 1984 berhasil dicapai. Walaupun pada kenyataannya pencapaian swasembada beras ataupun kecukupan persediaan beras ini dihadapkan kepada masalah semakin merosotnya kualitas sumberdaya lahan pertanian.

Keberhasilan pertanaman dalam peningkatan produk pertanian sangat bergantung kepada kualitas dan ketersediaan sumberdaya lahan. Atas dasar hal ini, ketersediaan data potensi sumberdaya lahan menjadi sangat berarti. Data potensi sumberdaya lahan yang diperlukan untuk perencanaan program pembangunan pertanian tidak hanya dalam bentuk tabular, tetapi

juga dalam bentuk spasial. Pemetaan tanah dan evaluasi sumberdaya lahan secara progresif merupakan suatu pendekatan yang efektif untuk mencari dan mengetahui lahan potensial maupun yang tidak potensial, berikut kendala dan luas penyebarannya secara spasial. Tahapan kegiatan pemetaan tanah meliputi (1) analisis bentuk lahan (*landform*) untuk mendelineasi satuan lahan melalui interpretasi foto udara atau citra *landsat*, (2) identifikasi dan karakterisasi sifat fisik dan morfologi tanah di lapangan dan (3) analisis sifat fisika, kimia dan mineral contoh tanah dan air yang representatif di laboratorium (Djaenudin, 2008). Bentuk lahan merupakan terminologi yang digunakan untuk menunjukkan bagian dari permukaan bumi yang memiliki kesatuan dan kesamaan daya dukung termasuk relief termasuk hasil-hasil proses geologi serta proses geomorfologi di permukaan bumi. Bentuk lahan merupakan kenampakan fisik lahan secara alamiah yang dapat berupa bentukan gunung, perbukitan, danau, dataran, lembah, dataran teras, daratan kipas aluvial dan bentuk permukaan bumi khas lainnya. Hasil analisis bentuk lahan ini sangat berguna untuk menyusun satuan lahan yang pada dasarnya merupakan upaya untuk mengelompokkan kondisi sumberdaya lahan berdasarkan citra yang muncul melalui interpretasi foto udara atau citra satelit. Pemastian terhadap potensi daya dukung satuan lahan dapat dilakukan dengan melaksanakan pengamatan lapangan yang bertujuan mengidentifikasi karakter sifat fisik dan morfologi tanah terutama menentukan ketebalan solum tanah dan pola susunan horison profil tanahnya. Hasil pemeriksaan lapangan ini disempurnakan dengan analisis laboratorium yang meliputi sifat fisik, kimia

tanah, kondisi mineralogi dan keairan. Dengan demikian data potensi sumberdaya lahan dapat menjadi dasar perencanaan pembangunan pertanian, dan pola pemanfaatan lahan yang akan dilaksanakan benar-benar berkesesuaian dengan daya dukung yang dimiliki masing - masing lahan.

Rencana pemanfaatan lahan memang sebaiknya didukung oleh data luasan lahan yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Bahkan dalam cara pendekatan yang baru, pada tahun 1995 FAO telah mengeluarkan pernyataan bahwa dalam pendekatan yang terintegrasi untuk merencanakan pemanfaatan dan mengelola sumberdaya lahan sebaiknya melibatkan berbagai pemangku kepentingan, terutama dalam proses pembuatan keputusan tentang masa depan suatu bentang lahan serta identifikasi dan evaluasi dari aspek biofisik dan sosial ekonomi yang menjadi komponen suatu unit lahan. Pernyataan FAO ini memberikan suatu penekanan bahwa dalam merencanakan pemanfaatan suatu bentang lahan, faktor biofisik bukan lagi menjadi faktor penentu utama, karena kepemilikan dan status lahan sering menjadi masalah paling mencolok yang dapat memunculkan kontraksi sosial di tengah masyarakat. Perseteruan antara masyarakat dengan pihak pengembang atau pengusaha lebih banyak didominasi oleh ketidakjelasan batas-batas kepemilikan lahan dan pelaksanaan ganti rugi atas lahan masyarakat yang tergunakan atau masuk ke dalam penguasaan perusahaan.

Untuk masa-masa yang akan datang, kompetisi penyediaan pangan dan produksi biomassa antar benua bahkan antar negara diperkirakan semakin meningkat. Beberapa

penyebab utama adalah kenaikan penduduk dunia yang diperkirakan akan mencapai dua kali lipat pada tahun 2050 (UNFPA, 1992 dalam FAO, 1995). Kenaikan jumlah penduduk ini menuntut penyediaan pangan yang semakin rumit di tengah isu perubahan iklim global, kerusakan ekosistem (lingkungan) dan tentu saja dengan peningkatan kelangkaan sumber energi fosil, maka energi terbarukan termasuk biofuel akan menjadi ajang kompetisi antar bangsa. Sehingga untuk masa mendatang, nilai strategis sumberdaya lahan bukan lagi sebatas fungsi sebagaimana yang disampaikan FAO (1995) bahwa lahan memiliki fungsi produksi biomassa yang menyediakan bahan pangan, serat, bahan bakar, bahan tambang dan materi biotik lainnya. Paling tidak dalam masa semakin menurunnya sediaan sumber energi fosil, sumberdaya lahan yang selama ini dimanfaatkan untuk memproduksi bahan pangan harus berbagi dengan kepentingan penyediaan lahan bagi pertanian yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan energi organik (*biofuel*). Hal - hal ini akan semakin mempertegas makin penting dan strategis nilai sumberdaya lahan bagi suatu bangsa di masa datang.

Nilai strategis sumberdaya lahan akhirnya menempatkan upaya-upaya untuk menjaga kelestariannya dan meningkatkan produktivitasnya telah menjadi perhatian di banyak negara, terutama dalam rangka menyediakan bahan pangan, serat dan bahan bakar (energi). Nilai strategis sumberdaya lahan menurut FAO (1995) memiliki banyak fungsi, yaitu fungsi produksi, fungsi lingkungan biotik, fungsi pengatur iklim, fungsi hidrologi, fungsi persediaan, fungsi pengontrol limbah dan polutan, fungsi penyedia ruang kehidupan, fungsi historis dan fungsi

penghubung antar ruang, dengan masing - masing penjelasan sebagai berikut :

- *fungsi produksi*

Lahan merupakan basis untuk banyak sistem yang mendukung kehidupan, melalui produksi biomassa yang dapat menyediakan pangan, serat, bahan bakar, bahan tambang dan materi biotik lain yang berguna bagi manusia, baik langsung maupun melalui termasuk mahluk air baik yang ada di darat maupun lautan.

- *fungsi lingkungan biotik.*

Lahan merupakan basis keragaman hayati yang menyediakan habitat biologi dan persediaan gen bagi tanaman, hewan dan organisme mikro, baik di atas maupun bawah permukaan tanah.

- *fungsi pengatur iklim.*

Lahan dan pemanfaatannya merupakan sumber dan penghasil gas rumah kaca serta bentuk-bentuk determinan dari keseimbangan energi global, pantulan, penyerapan dan perubahan bentuk dari energi radiasi matahari dan siklus global hidrologi.

- *fungsi hidrologi.*

Lahan merupakan pengatur persediaan dan aliran permukaan dan persediaan air tanah serta mempengaruhi kualitas air.

- *fungsi persediaan.*

Lahan merupakan pusat persediaan dari bahan mentah dan mineral bagi manusia. Produksi biomassa tanaman merupakan proses yang menyediakan bahan pangan, sandang dan

papan bagi manusia. Proses tersebut menempatkan lahan sebagai pemasok kebutuhan air dan hara bagi tanaman.

- *fungsi pengontrol limbah dan polutan.*

Lahan memiliki kapasitas penyimpanan, penyaringan, penyanggaan dan fungsi perubahan berbagai bentuk senyawa berbahaya seperti limbah, sampah dan bahan polutan.

- *fungsi penyedia ruang kehidupan.*

Lahan menyediakan basis fisik untuk pemukiman, lokasi-lokasi industri dan kegiatan sosial lain seperti kawasan olahraga dan rekreasi.

- *fungsi historis.*

Lahan merupakan media untuk melestarikan semua bentuk peninggalan dan karya cipta manusia dan dapat menjadi sumber informasi kejadian-kejadian iklim dan pemanfaatan lahan di masa lampau.

- *fungsi penghubungan antar ruang.*

Lahan menyediakan ruang untuk mobilitas manusia, sarana produksi, pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan hewan antara satu area ke area lain dalam satu kesatuan ekosistem alam.

Lebih lanjut FAO (1995) menyatakan bahwa kesesuaian lahan dengan berbagai fungsi di atas memiliki keragaman besar di seluruh permukaan bumi. Unit lanskap sebagai sumberdaya alam memiliki dinamikanya sendiri-sendiri, tetapi lantaran pengaruh manusia dinamisme lahan ini dapat bersifat sangat luas di sembarang tempat dan waktu. Kualitas untuk satu jenis fungsi lahan atau lebih dapat dikembangkan, tetapi pada kebanyakan

peristiwa, lahan telah mengalami atau sedang mengalami degradasi akibat ulah manusia.

Fungsi lahan sebagaimana yang telah dikemukakan FAO (1995) di atas bolehjadi merupakan gambaran betapa pentingnya upaya untuk menjaga kelestarian lahan, dalam arti termasuk semua upaya untuk tetap mempertahankan kualitas lahan sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Lahan dengan berbagai fungsi yang dapat diperankannya, semakin membuktikan bahwa sumberdaya lahan merupakan salah satu bentuk sumberdaya alam yang paling bertanggungjawab kepada kelangsungan dan keberadaan organisme di dalam biosfer terutama manusia. Peningkatan pembebanan dalam bentuk perluasan zona dan tingkatan tekanan eksploitasi oleh manusia memang dalam beberapa dekade dapat menyelesaikan pemenuhan kebutuhan dasar manusia seperti kebutuhan pangan dan serat. Sedangkan peningkatan tekanan manusia kepada sumberdaya lahan yang disebabkan oleh faktor pemenuhan kebutuhan sekunder manusia (penyediaan energi dan penyediaan kawasan industrialisasi) akan semakin mempercepat proses degradasi lahan, yang akhirnya lahan tidak lagi berfungsi dengan sebagaimana mestinya.

Ekosistem bentang tanah yang membentuk sistem lahan merupakan daya dukung kesuburan berdimensi tiga, karena disamping memberikan kesuburan fisik yang menjamin ketersediaan air dan udara, kesuburan kimia yang menjamin ketersediaan unsur hara dan kesuburan biologi yang dapat memberikan jaminan lingkup hayati menguntungkan. Dengan kata lain keberhasilan pertanaman lebih banyak ditumpukan

kepada produktifitas lahan di tempat kegiatan pertanian tersebut dilaksanakan. Dari sudut pandang fisiologi tanaman, tanah sedalam perakaran (rizosfer) menjadi penumpu utama keberhasilan pertanaman. Kehilangan atau berkurangnya lapisan tanah ini menyebabkan kerugian yang cukup mendasar. Di satu sisi lahan tersebut berkurang kemampuannya untuk berfungsi sebagai lumbung air dan lumbung unsur hara, dan di sisi lain menyebabkan penurunan kualitas lahan yang berada di kawasan yang lebih rendah (di bawahnya) yang berupa penyumbatan pori tanah dan penimbunan lapisan subur lahan bawahan oleh bahan sedimen yang terbawa erosi.

Pola pemanfaatan lahan yang tidak terkendali hanya dapat membuat luasan lahan produktif dan potensial semakin menurun. Indonesia merupakan negara kepulauan dengan luasan lahan yang cukup besar. Laporan IAARD (2007) menyatakan bahwa luas daratan Indonesia mencapai 188,20 juta hektar dan 94,10 juta hektar merupakan lahan potensial, yaitu untuk pertanian lahan basah sebesar 25,40 juta hektar, tanaman semusim lahan kering sebesar 25,10 juta hektar dan tanaman tahunan 43,60 juta hektar. Dari luas total lahan basah potensial, 8,50 juta hektar telah berkembang menjadi sawah, sehingga yang masih dapat dicadangkan sekitar 16,90 juta hektar, yaitu 3,50 juta hektar berupa lahan rawa dan 13,40 juta hektar lainnya lahan non-rawa. Lahan potensial untuk pertanian lahan kering tersedia 68,64 juta hektar, yaitu termasuk untuk tanaman semusim 25,09 juta hektar dan untuk tanaman tahunan sebesar 43,55 juta hektar. Lahan yang masih tersedia untuk dikembangkan diperkirakan tersedia sekitar 22,39 juta hektar, yaitu untuk

tanaman semusim 7,08 juta hektar dan tanaman tahunan sebesar 15,31 juta hektar (Djaenudin, 2008). Sementara itu data yang dikeluarkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan (Litbang) Departemen Pertanian disajikan dalam tabel dalam tabel 1 (<http://www.litbang.deptan.go.id>, diakses 2010).

Sumberdaya lahan yang demikian besar haruslah dikelola dengan baik agar terjaga kualitas dan luasannya. Penegakan hukum dan peraturan seperti misalnya UU No. 41 Tahun 2009 harus dapat dijalankan, terutama beberapa kawasan lahan produktif (sawah) yang lokasinya sangat strategis dan memiliki strata bisnis tinggi. Data Pusat Penelitian Pengembangan Tanah dan Agroklimat (2005) sebagaimana dikutip Djaenudin (2008) membuktikan bahwa alihfungsi lahan di Pulau Jawa dari tahun 1999 sampai 2002 saja telah mencapai 167.150 hektar dan di Luar Jawa mencapai 396.009 hektar.

Pengalih-fungsian lahan yang terjadi di Indonesia dapat menjadi hambatan bagi pencapaian program swa sembada beras. Selama dua dasa warsa terakhir, menurut World Bank (2011) penduduk Indonesia meningkat dari 177,385 juta jiwa pada tahun 1990 menjadi 229,965 juta jiwa pada tahun 2009, sedangkan pada tahun 2010 menjadi 236,7 juta jiwa (Kompas, 16 Agustus 2010). Berdasarkan data ini, maka pada tahun 2015 penduduk Indonesia diperkirakan mendekati jumlah 250 juta jiwa, sehingga membutuhkan kebijakan tepat guna pemenuhan kebutuhan pangan. Peningkatan kebutuhan pangan di tengah terjadinya ledakan jumlah penduduk dan penyusutan luas lahan produktif yang semakin meningkat, jelas membutuhkan perencanaan program yang lebih komprehensif, karena program

peningkatan penyediaan pangan terutama beras, untuk saat ini tidak akan berhasil dengan baik tanpa adanya upaya-upaya peningkatan luas tanam dan penyediaan luas lahan yang memadai. Sedangkan di sisi lain, kebijakan pemenuhan kebutuhan konsumsi beras dalam negeri yang lebih bersifat instan seperti impor beras lebih sering menimbulkan permasalahan ikutan. Di samping menghabiskan anggaran yang cukup besar, pelaksanaan impor beras selalu diikuti dengan penurunan harga gabah di tingkat petani, oleh karena itu kebijakan impor beras dapat menjadi gambaran sementara lemahnya kebijakan pembangunan pertanian, terutama kebijakan yang berhubungan dengan ketahanan pangan.

Tabel 1. Luas Potensi Lahan Di Indonesia

PROVINSI	LUAS LAHAN (HEKTAR)			
	TERSEDIA	TAN. TAHUNAN	TAN. SEMULSISIM	SAWAH
NAD	781.663	431.293	282.109	68.261
Sumatra Utara	647.223	141.972	429.751	75.500
Riau	1.355.225	896.245	252.980	186.000
Sumatra Barat	475.766	310.611	55.108	110.047
Jambi	633.338	258.947	177.341	197.000
Bengkulu	320.023	209.105	88.078	22.840
Sumatra Selatan	967.464	424.846	307.225	235.39
Bangka-Belitung	251.227	225.470	-	25.807
Lampung	87.419	21.021	26.398	40.000
Jawa Barat	60.410	48.090	4.873	7.447
Banten	56.556	54.757	311.	1.488
Jawa Tengah	30.922	20.654	8.966	1.302
Jawa Timur	66.001	35.451	26.394	4.156
Kalinantan Barat	2.809.575	1.770.109	856.368	183.098
Kalinantan Tengah	3.709.887	2.661.510	410.980	646.397
Kalinantan Timur	4.549.356	2.431.329	1.886.284	231.763
Kalinantan Selatan	1.238.573	409.101	434.791	334.681

Sulawesi Selatan	399.173	266.045	69.725	63.403
Sulawesi Tenggara	321.057	106.158	93.417	121.122
Sulawesi Tengah	334.528	95.484	47.219	191.825
Gorontalo	20.257	-	-	20.257
Sulawesi Utara	164.593	133.135	5.091	26.367
Bali	14.093	-	-	14.093
Nusa Tenggara Barat	224.534	80.628	137.659	6.247
Nusa Tenggara Timur	558.120	525.537	-	28.583
Maluku	562.061	440.381	-	121.680
Maluku Utara	384.841	210.480	50.391	124.020
Papua	9.665.699	2.790.112	1.688.584	5.187.000

sumber : <http://www.litbang.deptan.go.id>

Pencapaian ketahanan pangan beras menjadi sulit terlaksana di tengah proses penurunan daya dukung sumberdaya lahan yang dapat disebabkan oleh konversi atau alih fungsi lahan dan penurunan produktivitas lahan. Di satu sisi, pemekaran prasarana dan infrastruktur kota pada akhirnya meningkatkan alih fungsi lahan, sehingga lahan - lahan produktif di pinggiran kota selalu mengalami penurunan luas. Proses ini semakin dipercepat dengan dilaksanakannya sistem otonomi daerah yang dipicu oleh pelaksanaan Undang-undang nomor 32 tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah. Dampak pemekaran kota dan kabupaten serta industrialisasi yang secara cepat dapat meningkatkan perekonomian daerah dapat dipastikan mempercepat penyempitan lahan pertanian. Pembangunan yang lebih didasarkan motif pengembangan ekonomi semata mengakibatkan lahan-lahan pertanian berubah menjadi kompleks perumahan, pabrik dan infra-struktur kota. Otonomi daerah mendorong pembangunan ekonomi dan sarana transportasi yang dapat menjangkau kota kecamatan. Jaringan transportasi yang melewati kawasan-kawasan subur bukan lagi berdampak

melancarkan pengangkutan hasil pertanian, tetapi justru meningkatkan luas alih-fungsi lahan pertanian. Sedangkan di sisi lain, teknofarming yang dilaksanakan selama tiga dasa warsa terakhir secara nyata dapat meningkatkan produksi beras nasional. Padahal sarana produksi padi mulai meninggalkan peran bahan organik sebagai salah satu cara menjaga kesehatan tanah, sehingga sebagai akibatnya lahan-lahan pertanian telah mengalami kejenuhan dan kerusakan komponen-komponen produktivitas. Praktek pembangunan yang tidak berpihak kepada kaidah lingkungan akhirnya menyebabkan lahan mempunyai potensi kerusakan yang semakin besar.

B. Potensi Kerusakan Sumberdaya Lahan

Sumberdaya lahan, baik yang belum maupun telah digunakan memiliki potensi kerusakan baik yang disebabkan oleh manusia maupun alam. Kerusakan lahan merupakan gambaran berkurangnya daya dukung lahan dalam satu periode produksi atau lebih. Dari sudut pertanian, kerusakan lahan biasanya dihubungkan dengan kegagalan lahan untuk berfungsi sebagai medium tumbuh atau turunya fungsi lahan sebagai lumbung hara dan air. Dengan demikian kerusakan lahan yang kemudian sering dimaknai sebagai degradasi lahan merupakan proses berkurangnya kesuburan lahan. Degradasi lahan juga sering diartikan sebagai proses berkurangnya atau penurunan kapasitas produksi suatu bentang lahan yang dapat ditinjau dari sudut morfologi lahan dan sifat-sifat tanah.

Dari sudut morfologi lahan, degradasi lahan adalah hilang atau terkikisnya lapisan atas dari lahan yang pada umumnya

memiliki kesuburan lebih baik dibandingkan lapisan di bawahnya. Pada tingkat keparahan yang paling tinggi, degradasi lahan dapat menyebabkan tersingkapnya batuan induk. Dari sudut sifat fisik tanah, degradasi lahan dapat diartikan sebagai rusaknya struktur tanah yang menyebabkan tanah terdispersi menjadi partikel - partikel tanah yang tidak tersatukan dalam ikatan. Dalam hubungannya dengan bahan organik sebagai salah satu perekat agregat tanah, degradasi lahan juga berarti berkurangnya kandungan bahan organik tanah yang secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh kepada kandungan air dalam tanah. Degradasi lahan yang menyebabkan rusaknya struktur tanah juga berpengaruh kepada suasana keporian tanah. Lahan yang telah terdegradasi memiliki imbalan pori makro dan mikro yang tidak menguntungkan bagi tanaman karena air dan udara berada dalam keseimbangan yang kurang baik. Dari sudut sifat kimia tanah, degradasi lahan adalah berkurangnya kandungan hara sebagai potensi kesuburan tanah. Degradasi lahan juga diartikan dengan kondisi tingkat keasaman (pH rendah) atau tingkat kebasaan (pH tinggi) yang keduanya dapat menurunkan tingkat kelarutan unsur hara tertentu. Dari sudut sifat biologi tanah, degradasi lahan dapat diartikan sebagai turunya kualitas komponen hayati (flora dan fauna) dalam tanah. Kualitas lahan yang telah mengalami degradasi pada umumnya mengalami pengurangan komunitas biota tanah yang berpengaruh pada sebagian besar siklus hara tanah. Dalam pemahaman yang lebih praktis, degradasi lahan bermula dari proses kerusakan tanah. Menurut Wanjat Kastolani (2011) kerusakan tanah dapat terjadi oleh kehilangan unsur hara dan zat

organik di daerah perakaran, terkumpulnya garam di daerah perakaran (salinisasi), terkumpulnya atau terungkapnya unsur atau senyawa dalam tanah yang bersifat racun bagi tanaman, penjenjuran tanah oleh air dan proses erosi.

Fungsi ekologis yang diperankan sumberdaya lahan adalah keterkaitan lahan dalam berbagai bentuk siklus yang terjadi di alam semesta, seperti siklus unsur, panas dan energi serta yang paling dirasakan manusia adalah siklus hidrologi. Degradasi lahan yang berakibat kepada penurunan kualitas mengakibatkan lahan tidak dapat lagi berperan dalam ekosistem yang lestari. Sebagai dampaknya, lahan tidak dapat lagi menyimpan air karena turunnya kapasitas infiltrasi tanahnya, dan air lebih banyak bergerak di atas permukaan tanah menuju tempat yang lebih rendah secara tidak terkendali.

Degradasi sumberdaya lahan dapat diakibatkan oleh kerusakan-kerusakan fungsi lahan yang berasal dari gaya dari dalam (alami) maupun dari luar. Degradasi sumberdaya lahan yang dikibatkan oleh gaya dari dalam (bersifat endogen) lebih banyak berasal dari aktivitas alam seperti volkan atau gerakan magma dari perut bumi (vulkanik), dan terusiknya stabilitas lempengan bumi (tektonik). Sedangkan degradasi sumberdaya juga diakibatkan gaya dari luar bumi (eksogen) dan dapat berasal dari perilaku iklim yang dalam khasanah yang lebih luas sering dihubungkan dengan timbulnya bencana iklim akibat perubahan iklim global, serta perilaku manusia dalam memanfaatkan kawasan-kawasan permukaan bumi.

1. Degradasi sumberdaya lahan oleh manusia.

Manusia adalah bagian dari alam yang tidak dapat dilepaskan dari fungsi dan peran alam itu sendiri. Lahan merupakan bagian dari sumberdaya alam yang menjadi ruang hidup dan berkehidupan bagi manusia, oleh karena itu segala bentuk cipta, karsa dan karya manusia dapat mempengaruhi sumberdaya lahan. Pendek kata, produk kebijakan dan praktek pemanfaatan lahan yang buruk menyebabkan kerusakan lahan.

Beberapa dasa warsa yang lalu, guna mengejar laju peningkatan kebutuhan bahan pangan, teknofarming secara dramatis telah dapat meningkatkan produksi pangan dunia, tetapi di akhir abad XX membuktikan bahwa rekayasa teknis dengan melibatkan sejumlah bahan kimia an-organik dapat mendatangkan masalah lingkungan. Gore (1992) dan Postel (1994) dalam Doran dan Safley (1997) menyatakan bahwa memasuki abad XXI tantangan terbesar pemanfaatan teknologi adalah pengaruhnya terhadap lingkungan global dan tantangan untuk menjaga keberlangsungan kehidupan di bumi. Perubahan iklim global, tekanan terhadap lapisan ozon yang berfungsi sebagai pelindung, penurunan serius keragaman hayati, degradasi dan kehilangan lahan - lahan produktif akhirnya menjadi perhatian utama para pakar untuk kembali mempertimbangkan upaya - upaya yang lebih aman dan dapat diterima lingkungan. Masalah ini juga telah menjadi bahasan para pakar pertanian, sehingga kualitas lahan lebih banyak didekati dari segi kualitas sifat biologi tanah melalui konsep kesehatan tanah.

Pendekatan dari perspektif kesehatan tanah, tanah tidak lagi dipandang sebagai benda mati hasil bentukan alam yang

merupakan hasil dari pelapukan batuan di permukaan bumi, tetapi tanah dipandang sebagai suatu sistem yang dinamis yang didalamnya terdapat komponen abiotik dan biotik. Doran dan Safley (1997) lebih lengkap lagi menyatakan bahwa tanah merupakan tubuh alam yang dinamik dan hidup serta bersifat vital bagi ekosistem biosfer, serta menggambarkan keseimbangan unik antara faktor - faktor fisik, kimia dan biologi. Wolfe (2003) menyatakan bahwa masalah kesehatan tanah mulai menjadi perhatian petani setelah munculnya proses degradasi tanah akibat budidaya intensif, mekanisasi, terbatasnya rotasi tanaman serta keterbatasan penambahan bahan organik yang secara nyata menurunkan hasil tanaman, serta masalah ini akan memacu terjadinya pemadatan tanah, erosi, masalah besar hama dan penurunan produksi tanaman.

Konsep kesehatan tanah menurut Arias *et al.* (2005) mengacu kepada kondisi sifat - sifat biologi, kimia dan fisika yang diperlukan bagi produksi pertanian yang berkelanjutan dalam kurun waktu lama serta dengan dampak minimal bagi lingkungan. Dengan demikian kesehatan tanah menyediakan seluruh potensi tanah secara fungsional. Kesehatan tanah adalah sebuah sistem yang dapat memelihara berbagai macam komunitas jasad mikro di dalam tanah yang dapat mengontrol penyakit dan hama tanaman, memberikan keuntungan dari proses kerjasama simbiotik dengan akar tanaman, siklus hara tanaman, memperbaiki struktur tanah terutama kapasitasnya dalam mengikat air dan hara, dan meningkatkan produksi tanaman. Lebih lanjut Arias *et al.* (2005) menyatakan bahwa beberapa indikator hayati dapat digunakan untuk menentukan kesehatan

tanah, yaitu antara lain, biomassa dan aktivitas jasad mikro, siklus karbon dan nitrogen, keragaman dan ketahanan jasad mikro, ketersediaan biologis senyawa pencemar (kontaminan) lingkungan, serta sifat fisik kimia tanah. Sedangkan Elliott (1997) menyatakan bahwa indikator hayati tanah merupakan semua sifat - sifat biologi atau semua proses yang terjadi di dalam komponen tanah yang merupakan bagian dari ekosistem yang mempengaruhi kondisi ekosistem tertentu.

Pertambahan penduduk dan kesimpangsiuran penataan pola penggunaan lahan, serta di sisi lain semakin dibutuhkannya kenaikan produktifitas lahan guna mengejar laju kebutuhan penyediaan pangan, menjadikan tekanan kepada lahan semakin besar dan sebagai akibatnya akan terjadi penurunan sebaran dan jumlah kualitas lahan di permukaan bumi. Penurunan kualitas lahan dipandang dari berbagai sudut kepentingan apapun akhirnya akan sampai pada satu kesimpulan bahwa lahan yang mengalami penurunan kualitas akan sedikit demi sedikit kehilangan fungsi ekologisnya. Dalam telaah demikian lahan dipandang sebagai suatu sumberdaya alam yang memiliki pengaruh kepada semua bentuk kehidupan di dalam biosfer bumi. Pada akhirnya keberlanjutan dan keberadaan organisme ataupun flora dan fauna di permukaan bumi dan di dalam tanah lebih banyak ditentukan ketersediaan produktifitas lahan yang memadai.

Sedangkan di Indonesia, guna mengimbangi ledakan penduduk dunia dan permintaan sediaan bahan pangan, diperkirakan pada tahun-tahun mendatang tekanan manusia kepada sumberdaya lahan akan semakin besar. Guna memenuhi

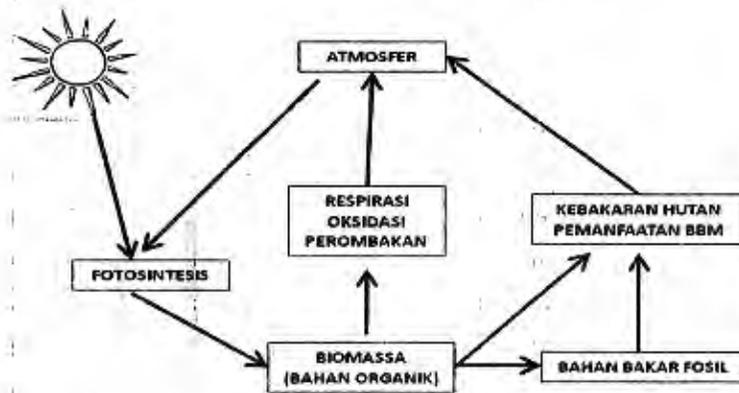
kebutuhan pangan nasional telah dicanangkan peningkatan persediaan pangan dalam bentuk program ketahanan pangan. Peningkatan produksi pangan melalui program intensifikasi dan peningkatan luas panen melalui program ekstensifikasi pada awal tahun 1980 telah secara nyata mampu meningkatkan produksi beras nasional. Intensifikasi pertanian yang lebih banyak melibatkan masukan bahan kimia an-organik (pupuk dan insektisida) dapat memacu peningkatan produksi. Praktek teknofarming ini secara akumulatif memberikan pengaruh negatif kepada kesehatan tanah. Pemanfaatan bahan organik dalam bentuk pupuk dasar semakin ditinggalkan dan akhirnya lahan berada dalam kondisi jenuh dan tidak memiliki daya sangga (*buffer capacity*) yang memadai bagi berlangsungnya sebagian besar siklus dalam tanah. Dengan demikian konsep bertani dilaksanakan melalui proses untuk memperoleh produksi setinggi-tingginya dengan menyediakan hara dan air dalam tanah tanpa harus memperhatikan proses biologis yang terjadi di dalam tanah. FAO (2001) menyatakan bahwa kebijakan dan praktek bercocok tanam yang salah memiliki andil dalam meningkatkan tekanan kepada lahan. Penggunaan pupuk yang berlebihan dan bahan kimia an-organik lain turut memberikan andil terjadinya degradasi tanah dan polusi air. Antara tahun 1972 sampai dengan 1988, penggunaan pupuk secara global meningkat 3,5 persen setiap tahunnya atau lebih dari 4 juta ton setiap tahun. Dalam skala nasional, semenjak revolusi hijau melanda Indonesia, pemerintah juga memberikan subsidi harga pupuk, benih dan insektisida. Pengalaman selama 40 tahun terakhir, subsidi ini telah menciptakan petani yang mempunyai

ketergantungan kepada sarana produksi yang berbahan baku senyawa an-organik.

Kegiatan manusia di permukaan bumi secara nyata memiliki andil dalam proses terjadinya degradasi lahan, termasuk tata cara pemanfaatan lahan yang tidak sesuai, buruknya praktek pengelolaan tanah dan air, deforestasi, pengurangan vegetasi alami, penggunaan alat-alat berat, dan buruknya praktek rotasi tanaman. Program ekstensifikasi guna mencukupi kebutuhan lahan dan memenuhi target luas panen, mendorong terjadinya deforestasi dan pengurangan vegetasi alami yang selama ini telah memiliki keseimbangan ekosistem. Selama orde baru dan orde reformasi yang sedang berjalan, hutan Indonesia mengalami ancaman serius yang berasal dari beberapa hal di bawah ini :

1. Selama pemerintahan orde baru, melalui tahapan pembangunan lima tahunan (Repelita), ekstensifikasi telah dilaksanakan guna memenuhi kebutuhan perluasan tanaman pangan, sehingga akibatnya telah terjadi konversi lahan hutan menjadi lahan tanaman semusim. Salah satu contoh yang dapat dikemukakan disini adalah Proyek Pengembangan Lahan Gambut (PPLG) satu juta hektar yang dilaksanakan berdasarkan KEPPRES No. 82 tahun 1995 di kawasan sungai Sebangau, Kahayan, Kapuas dan Barito Kalimantan Tengah yang sampai sekarang belum terbukti dapat memberikan sumbangan berarti guna mempertahankan swa sembada beras yang dicapai pada tahun 1984. Di sisi lain, lahan gambut merupakan stok karbon alam yang berada di dalam bumi.

Pembukaan hutan gambut dan teknis pengelolaan yang diterapkan mengakibatkan rantai karbon dalam gambut teroksidasi. Proses ini akan membebaskan jutaan ton senyawa karbon ke atmosfer. Peningkatan konsentrasi karbon di atmosfer ditenggarai menjadi salah satu komponen pembentuk efek rumah kaca yang pada gilirannya menyebabkan terjadinya perubahan iklim global. Potensi pelepasan senyawa karbon tidak terlepas dari siklus karbon di alam. Kegiatan manusia di muka bumi menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi senyawa karbon di atmosfer sebagai ragaan dalam gambar 6 berikut.



Gambar 6. Peredaran senyawa karbon di alam

Produksi biomassa melalui proses fotosintesis menyebabkan terjadinya timbunan bahan organik di permukaan bumi. Melalui proses fotosintesis ini terjadi fiksasi fraksi karbon menjadi senyawa (rantai) hidrokarbon, untuk selanjutnya bahan organik ini dapat tertimbun di dalam

tanah. Timbunan bahan organik di dalam tanah dapat terjadi karena proses akumulasi bahan lebih besar dibanding proses perombakannya. Sebagaimana diketahui bahwa proses perombakan bahan organik membutuhkan kehadiran oksigen dalam proses oksidasi (pemutusan rantai karbon) atau sering disebut sebagai kondisi aerob. Genangan air atau sebab lain yang menyebabkan terciptanya kondisi an-aerob (kurang oksigen) berakibat kepada penghambatan proses dekomposisi bahan organik atau dengan kata lain, fraksi unsur karbon tetap terikat di dalam rantai hidrokarbon. Selama tidak terjadi pemutusan rantai karbon secara intensif di dalam tubuh lahan gambut, maka evolusi CO₂ tidak menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi senyawa karbon di atmosfer.

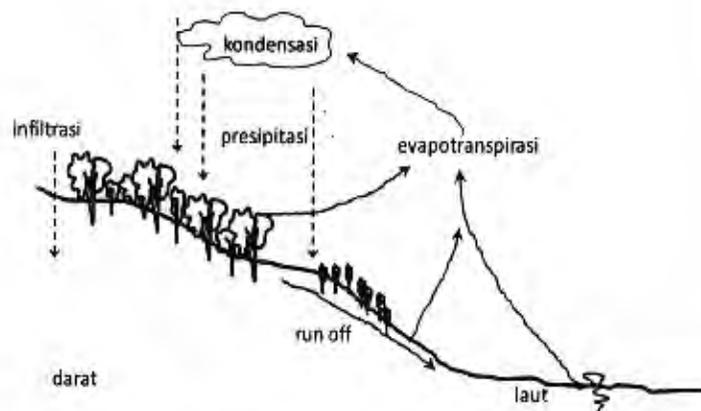
Proses sedimentasi bahan organik di dalam tanah berjalan puluhan bahkan ratusan tahun sehingga membentuk lapisan bahan organik yang cukup tebal, dan jika terjadi suatu peristiwa yang menyebabkan lapisan bahan ini terkompresi, misal peristiwa longoran tanah yang sangat besar yang akhirnya menutup lapisan bahan organik ini, maka bahan organik dapat menjadi fosil dan akhirnya menjadi salah satu bahan pembentuk bahan bakar fosil yang berbetuk minyak bumi atau batu bara yang tersimpan jauh di dalam tanah. Kegiatan manusia baik yang menyebabkan kebakaran hutan, pembukaan lahan gambut dan pemanfaatan bahan bakar fosil (minyak dan batu bara) menyebabkan peningkatan konsentrasi

senyawa karbon. Senyawa karbon merupakan salah satu komponen utama bagi pembentukan gas rumah kaca yang berkaitan langsung dengan proses pemanasan bumi dan perubahan iklim global.

2. Perkembangan perkebunan sawit yang beberapa tahun terakhir ini turut memiliki andil pengurangan luasan lahan hutan terutama di Sumatra, Kalimantan dan Sulawesi, serta pada tahun-tahun terakhir telah merambah hutan gambut.
3. Pengurangan luas hutan di Indonesia termasuk yang tercepat di dunia, beberapa faktor yang bermain disini adalah ketidak-tegasan pemerintah dalam menangani kasus penyelewengan pengelolaan hutan oleh pemegang HPH (Hak Pengelolaan Hutan) dan patut diduga bahwa selama ini telah terjadi penjarahan hutan di luar kawasan hutan produksi, sehingga kawasan hutan konservasi terancam keberadaannya. Di samping itu, pembalakan hutan (*illegal logging*) besar-besaran selama ini belum secara efektif dapat ditanggulangi meskipun peraturan dan perundangan telah tersedia. Masalah lain yang juga harus diperhatikan adalah kegiatan penambangan baik yang dikelola oleh perusahaan dan masyarakat yang banyak tersebar di Sumatera dan Kalimantan. Pada kebanyakan kasus kegiatan penambangan di samping merusak lahan dan lingkungan juga selalu menimbulkan konflik di tengah masyarakat.

4. Praktek pembalakan hutan menyebabkan peningkatan luasan hamparan semak dan ilalang yang lebih mudah memunculkan penyebab kebakaran hutan. Pembakaran semak dan ilalang dirasa menjadi cara yang efektif guna membersihkan lahan. Sedangkan pada kenyataannya, pembakaran hutan dan semak-semat di permukaan tanah dapat mengurangi keragaman hayati yang berada di bawahnya. Tanah permukaan bersifat kering dan terfragmentasi karena bukan saja lapisan humus yang dapat hilang, tetapi bahan organik sebagai pengikat agregat tanah ikut terbakar.

Proses deforestasi yang tidak terkendali akan berakibat kepada penurunan tegakan vegetasi hutan dan vegetasi alam yang berperan dalam menjaga tata air (siklus hidro-orologi) dan keseimbangan iklim mikro sebagaimana ragaan dalam gambar 7 yang menunjukkan bahwa vegetasi hutan berpengaruh langsung pada upaya konservasi tanah dan air. Vegetasi hutan dapat memperbesar kapasitas infiltrasi air ke dalam tanah dan mengurangi air limpasan yang mengalir di permukaan tanah (*run-off*). Kerapatan daun dan kerindangan yang diciptakan vegetasi hutan dapat melindungi tanah dari proses kerusakan struktur akibat energi kinetik air hujan. Kerapatan tonggak tanaman juga dapat mereduksi kecepatan aliran permukaan, sehingga air mengalir dengan kekuatan yang tidak merusak. Dampak positif vegetasi adalah melestarikan fungsi tanah sebagai lumbung air.



Gambar 7. Siklus hidro-orologi

Proses evaporasi baik melalui permukaan daratan (tanah) maupun lautan dan lewat proses transpirasi tanaman, merupakan sumber utama kelembaban di atmosfer. Pada saat kapasitas penampungan uap air oleh udara terlampaui, maka terjadilah presipitasi menuju permukaan bumi. Siklus hidro-orologi ini merupakan komponen lahan yang mempengaruhi tata air di tempat itu, oleh karenanya perubahan lanskap yang disebabkan penurunan sebaran vegetasi hutan dan vegetasi alami dapat menurunkan kualitas sumberdaya lahan. Dengan demikian pengelolaan sumberdaya lahan memiliki ketergantungan dan keterkaitan erat dengan pengelolaan air, sehingga seharusnya hal ini menjadi agenda utama bagi setiap rencana pembangunan dan pengembangan kawasan serta tata ruang nasional.

Proses deforestasi dapat menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan antara jumlah air yang meresap ke dalam tanah

(infiltrasi) dan air yang bergerak di atas permukaan lahan (run-off). Pada saat run-off lebih besar dari infiltrasi, maka terjadi banjir yang akan menggerus lapisan tanah dan diendapkan di lahan bawah. Peristiwa ini menyebabkan penurunan tingkat kesuburan lahan bawah karena bahan sedimen yang dibawa banjir menyebabkan terjadinya penimbunan lapisan subur. Penutupan pori-pori tanah oleh sedimen banjir (lumpur) menyebabkan penurunan kualitas kesuburan fisik tanah karena penyumbatan pori aerasi yang mengganggu keseimbangan kandungan air dan udara dalam tanah. Banjir juga dapat membawa senyawa yang bersifat polutan menyebabkan penurunan kesuburan kimia tanah karena perubahan status hara dalam tanah dan pH tanah. Sedangkan banjir juga menyebabkan turunnya kualitas ekosistem dalam tanah yang mengganggu populasi flora dan fauna tanah.

Penjagaan kualitas sumberdaya lahan berhubungan erat dengan ekosistem hutan, oleh karena itu proses deforestasi apapun alasannya harus menjadi perhatian pemerintah. Deforestasi menyebabkan turunnya kualitas lingkungan dan berkurangnya sumber plasma nutfah dan habitat bagi fauna tertentu. Patut diduga bahwa meledaknya serangan hama di lahan pertanian, di samping disebabkan oleh rotasi tanaman yang tidak baik, sehingga tidak dapat memutus rantai makanan bagi serangga tertentu juga disebabkan oleh rusaknya habitat serangga tersebut karena terjadinya pengurangan luasan hutan.

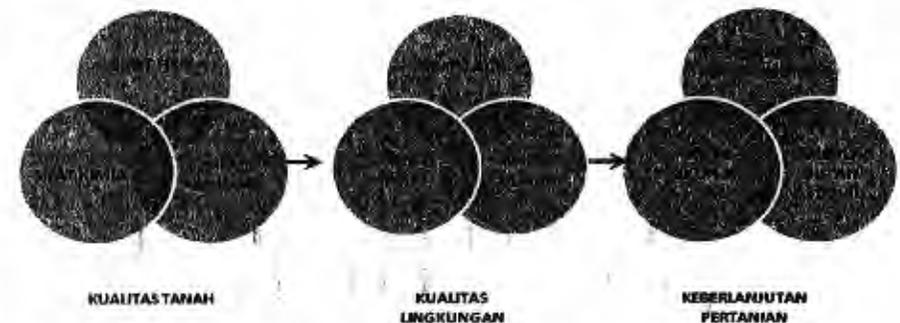
Degradasi sumberdaya lahan juga dapat disebabkan oleh pemanfaatan alat-alat berat serta budidaya mono-kultur atau rotasi tanaman yang tidak tepat. Alat berat memberikan tekanan

yang menyebabkan pemampatan tanah. Distribusi ruang pori yang disebabkan oleh tekanan beban menyebabkan penurunan rasio ruang pori tanah sehingga kapasitas infiltrasi air dikurangi. Pemampatan tanah menyebabkan penurunan kandungan air dan udara serta membatasi perkembangan akar tanaman. Pola tanam mono kultur yang sering diterapkan di areal perkebunan (misal sawit) pada umumnya dapat meningkatkan potensi terjadinya erosi tanah. Deretan tanaman sawit yang ditanam dalam barisan yang teratur justru menciptakan lorong bagi proses peningkatan kecepatan aliran air hujan yang dapat menggerus tanah. Pola tanam mono kultur dipercaya akan mendatangkan bencana ekologi di masa datang karena hilangnya keanekaragaman hayati yang disebabkan oleh interaksi substrat akar tanaman sawit dengan jenis koloni biota tertentu dalam waktu lama, sehingga menurunkan koloni biota tanah lain. Beberapa laporan kejadian banjir di Sumatra patut diduga merupakan dampak maraknya pembukaan lahan sawit di kawasan atas (*upland*).

Produksi biomassa yang menjadi target utama pertanian dan penyediaan pangan bagi manusia sangat mengandalkan lahan sebagai faktor produksi terpenting. Sumberdaya lahan membutuhkan daya dukung tanah dan kualitas lingkungan, serta keduanya merupakan modal utama bagi keberlanjutan pertanian (gambar 8).

Kualitas tanah merupakan interaksi antara sifat-sifat tanah (fisik, kimia dan biologi). Sifat fisik tanah menentukan pola lalu lintas air dan udara dalam tanah, sifat kimia tanah berhubungan dengan pola ketersediaan dan status hara (*nutrient*) dan sifat biologi tanah berhubungan erat dengan proses perombakan

(dekomposisi) bahan organik, aktivitas biota tanah dan siklus hara dalam tanah. Dalam skala yang lebih luas, kualitas tanah untuk selanjutnya mempengaruhi kualitas lingkungan yang ditentukan oleh mutu air, mutu udara dan mutu tanah itu sendiri.



Gambar 8. Hubungan antara kualitas tanah, lingkungan dan keberlanjutan pertanian.

Tanah dalam suatu kawasan dan jika dihubungkan dengan pola dukungan terhadap pertanaman menggambarkan kemampuan sumberdaya lahan dalam menopang produksi biomassa. Sumberdaya lahan pertanian ini merupakan gambaran dari kualitas lingkungan yang merupakan suatu keadaan hasil interaksi dari mutu air, mutu udara dan mutu tanah.

Pertanian bukan saja berhubungan dengan upaya-upaya untuk memproduksi biomassa yang menjadi bahan dasar pangan dan sandang, tetapi kegiatan pertanian yang dipengaruhi oleh kualitas lingkungan juga berpengaruh kepada keberlanjutan ekonomi dan struktur sosial. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan kualitas keberlanjutan pertanian juga disasarkan

kepada upaya penjagaan keberlanjutan lingkungan, ekonomi dan sosial.

Secara lebih ringkas, Gambar 8 menjelaskan bagaimana fungsi kualitas lingkungan yang menjadi jembatan antara kualitas tanah dalam skala mikro dan keberlanjutan pertanian dalam skala yang lebih luas. Baik lingkungan biotik maupun abiotik memberikan pengaruh sepanjang suatu kawasan lahan dimanfaatkan dalam proses produksi biomassa. Lingkungan abiotik dapat berasal dari perilaku atmosfer yang menghasilkan fenomena iklim (cahaya matahari, temperatur, kelembaban, hujan dan angin).

Keterkaitan lahan terhadap kualitas lingkungan dalam hubungannya dengan daya dukungnya yang dapat diberikan kepada kegiatan pertanian merupakan bentuk nyata peran agroekosistem. Interaksi antara tanah, tanaman dan kompleksitas ekosistem merupakan titik perhatian bagi peningkatan produktivitas suatu lahan. Oleh karena kegiatan manusia di permukaan bumi yang berhubungan dengan pemanfaatan lahan (baik bagi kebutuhan pertanian maupun non-pertanian) harus melalui perencanaan matang agar tidak mengusik interaksi positif komponen-komponen sumberdaya lahan.

2. Degradasi sumberdaya lahan oleh alam.

Sebagian wilayah Indonesia masuk dalam katagori kawasan rawan bencana. Ancaman bencana tersebut dapat berasal dari kondisi interelasi tiga lempeng tektonik dunia yaitu Australia, Pasifik dan Euroasia yang memanjang di sepanjang pantai Selatan Jawa-Bali dan sisi barat Sumatra serta kepulauan

Maluku yang sewaktu-waktu dapat menimbulkan guncangan gempa dan tsunami. Bencana alam lain juga dapat berasal dari deretan volcano aktif yang membentang sepanjang Jawa dan Sumatra. Bencana alam juga dapat berupa ancaman banjir dan longsor yang diakibatkan oleh kesalahan manusia dalam mengelola sumberdaya alam, maupun gerakan tanah akibat gaya tektonik. Gempa bumi juga dapat disebabkan oleh adanya aktivitas volkan akibat adanya gerakan-gerakan magma dari perut bumi. Gempa bumi yang berasal dari aktivitas volkan disebut sebagai gempa bumi volkanik, tetapi lebih bersifat lokal. Gempa bumi volkanik dipengaruhi oleh siklus aktivitas suatu gunung berapi, pada saat status bahaya gunung berapi menurun, akan diikuti oleh turunnya gempa tremor (gempa yang terjadi secara berurutan).

Gempa bumi yang disebabkan oleh proses tektonik dapat diakibatkan gerakan kulit/lempeng bumi, aktivitas sesar di permukaan bumi, pergerakan geomorfologis lokal dan aktivitas gunung api. Dari semua penyebab terjadinya gempa bumi, gerakan lempeng bumi dan patahan aktif pada umumnya sering menimbulkan gempa bumi dengan kekuatan cukup besar. Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan 3 (tiga) lempeng utama dunia, yaitu lempeng Australia, Eurasia dan Pasifik. Pertemuan lempeng Eurasia dan Australia berada di lepas pantai Barat pulau Sumatra, lepas pantai Selatan pulau Jawa, lepas pantai Selatan kepulauan Nusantara sampai ke arah Utara perairan Maluku. Lempeng Pasifik dan lempeng Australia bertemu di sekitar pulau Papua, dan ketiga lempeng tersebut bertemu di sekitar kepulauan Maluku, yang menyebabkan

kawasan ini sering terjadi gempa bumi. Berdasarkan kenyataan bahwa Indonesia memiliki potensi bencana yang besar, Badan Nasional Penanganan Bencana (BNPB) telah menerbitkan beberapa jenis peta risiko berbagai bentuk potensi bencana untuk setiap wilayah dan propinsi yang ada di Indonesia.

Gambar 9 memperlihatkan bahwa beberapa kawasan di Indonesia masuk ke dalam kriteria rawan ancaman bencana gempa bumi. Sepanjang pantai Selatan pulau Jawa-Bali, sisi Baratdaya sepanjang pantai Sumatra, Sulawesi Utara, perairan Maluku dan ujung Utara Papua, merupakan kawasan yang berpotensi terkena ancaman gempa bumi sepanjang tahun.



Gambar 9. Peta risiko bencana gempa bumi .

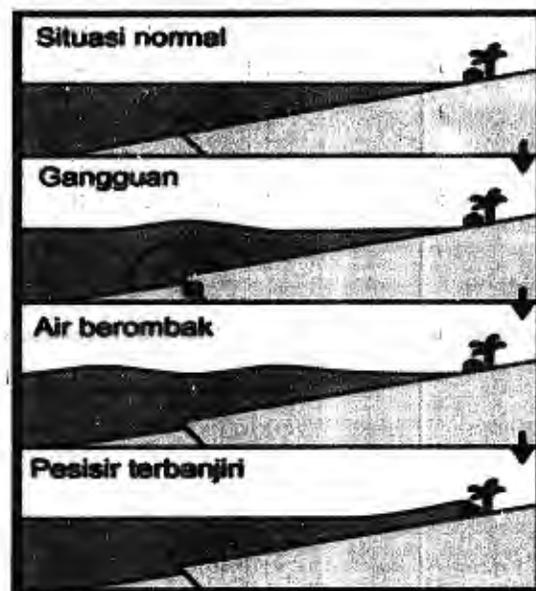
Proses kerusakan sumberdaya lahan yang diakibatkan oleh gempa bumi dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Gempa bumi dapat secara langsung menyebabkan kerusakan

sumberdaya lahan, terutama jika gempa tersebut menimbulkan tanah longsor yang dapat menutup lapisan tanah subur dari lahan yang ada di bawahnya, ataupun gerakan tanah. Secara tidak langsung gempa bumi juga dapat menurunkan kualitas sumberdaya lahan, terutama berupa rusaknya jaringan irigasi dan hilangnya sumber-sumber air permukaan tanah. Menurut Gunawan (2010) ancaman bencana alam tersebut juga akhirnya menjadi ancaman bagi keberlanjutan kualitas lahan sebagai komponen terpenting agroekosistem. Kerusakan lahan akibat tanah longsor di Sumatra Barat dan Jawa Barat dapat berupa tertutupnya lahan subur oleh material longsor, terputusnya jaringan irigasi dan pendangkalan saluran. Proses longsor dan erosi dapat mengurangi luasan penutupan vegetasi dan hilangnya sumber air bersih serta keragaman hayati. Kerusakan-kerusakan tersebut mengakibatkan penurunan kualitas lahan sebagai komponen penting agroekosistem.

Ancaman bencana lain yang berpotensi terjadi di Indonesia adalah tsunami yang dapat terjadi karena adanya gempa di dasar laut yang akan memicu terjadinya gelombang besar di kawasan pesisir. Tsunami berasal dari terminologi Jepang, *tsu* adalah pelabuhan, dan *nami* adalah gelombang air laut (ombak besar), sehingga secara harfiah tsunami diartikan sebagai ombak besar yang melanda pelabuhan (kawasan pesisir). Bencana tsunami dapat disebabkan oleh adanya pergerakan lempeng bumi yang berada di bawah permukaan air laut (misal tsunami Aceh 26 Desember 2004, tsunami pulau Nusakambangan 17 Juli 2006), ataupun meletusnya gunung bawah laut (misalnya meletusnya gunung Krakatau, 26 Agustus 1883). Sedangkan bumi juga dapat

terancam oleh jatuhnya benda luar angkasa (meteor) di atas permukaan laut dan dapat menimbulkan ancaman gelombang besar. Tsunami jenis ini dikelompokkan sebagai mega-tsunami (<http://id.wikipedia.org/wiki/Tsunami>, diakses Juni 2012). Aktivitas anak gunung Krakatau akhir-akhir ini juga dapat menjadi ancaman bagi datangnya bencana tsunami di kawasan selat Sunda.

Tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi di dasar laut secara skematis dapat diragakan dalam gambar 10.



Gambar 10. Proses tsunami.
Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Tsunami>

Badan Nasional Penanganan Bencana juga telah menerbitkan peta risiko bencana yang diakibatkan oleh tsunami,

banjir, erosi dan gerakan tanah. Bencana tsunami disamping menyebabkan banjir dan terendamnya kawasan lahan pertanian, juga menimbulkan pengendapan (sedimentasi) yang dapat menimbun lapisan tanah subur. Bencana tsunami menyebabkan masuknya air laut ke arah daratan dan mengendapkan senyawa garam di permukaan tanah. Sedimen yang dibawa oleh material tsunami juga dapat mencemari sumber air sehingga menurunkan baku mutu kualitas air irigasi. Thamizoli, *et al.* (2006) menyatakan bahwa tsunami dapat menimbulkan beberapa kerusakan antara lain perubahan kemas muka lanskap, pengendapan lumpur dan material pasir, pemindahan dan pengendapan gumpul pasir ke arah daratan, intrusi air laut yang meninggalkan kegaraman di lahan pertanian, kontaminasi air bersih, kolam perikanan darat dan kerusakan tanaman pangan dan tanaman semusim lain. Gunawan (2010) menyatakan bahwa kerusakan yang diakibatkan oleh tsunami mengakibatkan terjadinya perubahan kualitas lahan sebagai salah satu komponen agroekosistem, dan komponen lingkungan secara umum.

Hasil analisis citra satelit mengenai dampak tsunami Desember 2004 di di Aceh yang dilakukan oleh Balai Penelitian Tanah Bogor memperlihatkan bahwa terdapat 29.000 hektar lahan sawah yang terkena dampak tsunami. Dengan demikian terdapat potensi kehilangan produksi beras sebesar 120.000 ton per musim tanam. Selain lahan persawahan yang rusak, diperkirakan terdapat sekeitar 194.000 hektar lahan kering dari total 1,9 juta yang ada, juga terkena dampak tsunami (Rachman, dkk., 2005).

Gambar 11 memperlihatkan bahwa sepanjang samudra Indonesia, perairan Maluku dan kawasan laut Arafuru, merupakan kawasan yang memiliki potensi cukup besar. Puluhan kali gempa yang terjadi di perairan tempat-tempat tersebut, selalu dicurigai dapat menimbulkan potensi tsunami. Peta risiko bencana tsunami ini menjadi sangat berguna bagi proses kesiapsiagaan bencana dan juga langkah-langkah antisipasi dalam hubungannya dengan penurunan produksi tanaman akibat potensi kerusakan lahan yang mungkin terjadi.



Gambar 11. Potensi risiko bencana tsunami di Indonesia.

Bencana banjir merupakan gambaran ketidakseimbangan kapasitas penampungan air oleh tanah dan jumlah air yang datang. Secara alam, banjir dapat disebabkan oleh beberapa sebab antara lain, kapasitas infiltrasi air yang lebih kecil dibanding volume air yang berada di permukaan tanah, kondisi topografi

permukaan tanah, serta keterlibatan manusia dalam mengubah kemas muka tanah sehingga menurunkan tingkat resapan air ke dalam tanah.

Banjir secara umum merupakan kondisi terciptanya genangan di permukaan tanah. Banjir yang tidak bergerak lantaran adanya genangan air di kawasan cekung dan rendah, maupun banjir yang berupa Bergeraknya air karena adanya landaian permukaan tanah disebut banjir bandang. Banjir bandang akan mengangkut semua materi yang ditemuinya dan akan diendapkan di tempat - tempat yang agak datar. Banjir bandang sering menciptakan bencana karena dapat menimbulkan beberapa kerugian baik dari sudut turunnya produksi pangan, turunnya kualitas sanitasi lingkungan maupun rusaknya infrastruktur kawasan di bawahnya.

Berdasarkan kondisi topografi dan kelerengan wilayah (slope) kawasan-kawasan yang berpotensi banjir biasanya berdekatan dengan tersebarnya cekungan di permukaan tanah, kawasan luapan sungai (daerah aliran sungai) dan kawasan tepi pantai yang sering dilanda pasang air laut, termasuknya kawasan-kawasan yang mengalami pengurangan kapasitas penurunan infiltrasi tanah akibat digunakan pembangunan utilitas tertentu.

Banjir dalam aspek perubahan siklus hidrologi menimbulkan ketidakseimbangan perbandingan antara laju aliran limpas dan laju infiltrasi air ke dalam tanah. Banyak faktor yang menyebabkan laju aliran limpas begitu besar menuruni lereng, sementara jumlahnya tidak dapat diimbangi oleh gerakan air masuk ke dalam tubuh tanah. Dalam beberapa kasus terjadinya banjir, massa air yang menuruni lereng ini akan masuk ke dalam

saluran yang terbentuk karena proses erosi parit dan menuju badan sungai. Aliran air ini juga membawa sejumlah massa tanah yang akan diendapkan dalam sungai baik di kawasan hulu, terlebih lagi di kawasan hilir. Penambahan debit aliran yang menuju kawasan hilir ini menyebabkan sungai meluap dan menggenangi area di sepanjang badan sungai. Pada suatu kawasan yang terlindungi oleh sistem aliran sungai (Daerah Aliran Sungai/DAS) yang dimanfaatkan bagi pemukiman (dampak dari urbanisasi), peristiwa banjir ini dapat menjadi lebih fatal, karena dapat memunculkan bencana yang lebih rumit untuk diselesaikan karena dapat berkembang menjadi permasalahan sosial.

Dalam satu ekosistem hutan yang stabil akan membentuk suatu ekosistem tertutup. Lal (1981) menyatakan bahwa dalam ekosistem tertutup, pohon-pohon dan spesies tanaman lain berada dalam keseimbangan (ekuilibrium) dengan tanah dan lingkungan setempat. Sebagian besar nutrisi tanaman berada dalam komponen vegetasi setempat dengan siklus yang efektif. Intersepsi hujan, kapasitas pengikatan air oleh permukaan tanah, evapotranspirasi dan cadangan air tanah secara efektif dapat menurunkan laju aliran limpas permukaan. Keragaman kanopi tanaman dan sisa - sisa tanaman secara efektif pula melindungi permukaan tanah dari tenaga kinetik air hujan sehingga secara keseluruhan kerusakan fisik tanah dapat dihindari. Lebih lanjut Lal (1981) menyatakan bahwa proses deforestasi dapat menimbulkan perubahan siklus hidrologi dan pola pengangkutan bahan sedimen. Pola perubahan siklus hidrologi ini berhubungan dengan status perolehan air lewat infiltrasi bagi bumi, yaitu

imbangan antara jumlah presipitasi yang datang ke bumi (curah hujan), evapotranspirasi dan aliran limpas permukaan.

Melihat proses munculnya banjir dan aspek-aspek yang melingkupinya, penanganan banjir harus dipandang sebagai suatu manajemen kawasan hulu-hilir dalam satu kesatuan ekosistem. Pada kebanyakan kasus di daerah tropika basah, masalah banjir selalu mengaitkan antara proses kerusakan lingkungan dan ekosistem hulu yang dimulai dengan berkurangnya luasan hutan (deforestasi) beserta dampak erosi sebagai ikutannya dan rusaknya ekosistem sungai (pendangkalan dan penyempitan badan sungai) di kawasan hilir. Tejwani (1981) menyatakan bahwa pengelolaan kawasan sungai dan aliran sungai harusnya mengimplikasikan bentuk-bentuk pemanfaatan lahan dan air secara rasional untuk mendapatkan produksi yang optimum dan berkelanjutan dengan sedikit dampak kerusakan alam.

Banjir dan kerusakan sumberdaya lahan merupakan hubungan sebab-akibat sebagai akibat kesalahan pengelolaan lingkungan terutama skenario manajemen kawasan hulu-hilir yang tidak terpadu. Sedangkan banjir yang disebabkan oleh alam lebih banyak dipicu oleh kerusakan lingkungan juga. Pemanasan global yang telah terjadi puluhan tahun yang lalu mengakibatkan mencairnya permukaan daratan es di kawasan Antartika. Pencairan es menyebabkan naiknya permukaan air laut, dan bagi Indonesia yang merupakan kawasan kepulauan dapat memberikan dampak cukup serius. Banjir rob (luapan air laut ke arah daratan) di sepanjang pantai Utara Jawa merupakan salah

satu penyebab berkurangnya luas tanam karena turunnya kualitas sumberdaya lahan.

Risiko bencana banjir hampir meliputi seluruh pulau di Indonesia baik di Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi sampai Papua sebagaimana gambar 12.



Gambar 12. Potensi risiko bencana banjir di Indonesia

Manajemen kawasan hulu-hilir sebagaimana telah disampaikan, meliputi upaya terpadu antara penciptaan kualitas daya dukung kawasan hilir sebagai kawasan cadangan air yang akan mengalirkan kelebihan airnya secara aman ke kawasan di bawahnya, serta penciptaan kawasan hilir sebagai tempat muara akhir bagi penyimpanan air dan mengalirkan kelebihan airnya menuju laut tanpa harus menimbulkan kekuatan yang merusak. Keterpaduan manajemen kawasan hulu-hilir ini masuk dalam satu kesatuan ekosistem darat dengan penitik-beratan pada

forestasi kawasan hulu dan manajemen kawasan hilir sebagai berikut :

- Manajemen kawasan hulu.

Manajemen kawasan hulu pada dasarnya mengusahakan agar kawasan tersebut dapat berfungsi sepenuhnya sebagai kawasan penyadap hujan (*water catchment area*). Dasar manajemen kawasan hulu ini adalah berupaya mengembalikan terciptanya ekosistem hutan, dan untuk selanjutnya setiap rencana pemanfaatan lahan haruslah didasarkan pada ekosistem yang telah berhasil diperbaiki dengan tahapan konservasi tanah dan air.

Konservasi tanah dan air ditetapkan berdasarkan kerugian-kerugian yang selalu timbul di setiap peristiwa erosi. Oleh karena itu Gunawan (2005) menyampaikan bahwa beberapa prinsip pencegahan dan pengendalian erosi dalam pekerjaan konservasi lahan ditujukan kepada:

- a. Memperbesar ketahanan permukaan tanah terhadap energi kinetik hujan.
- b. Memperbesar kapasitas infiltrasi air ke dalam tanah, sehingga laju aliran limpas dapat dikurangi.
- c. Mengalirkan aliran limpas dengan kekuatan yang tidak membahayakan serta mengurangi gaya gerus air limpas terhadap permukaan tanah.
- d. Meningkatkan ketahanan tanah serta menurunkan erodibilitas tanah.

Metode vegetatif dalam konservasi tanah dan air pada dasarnya melibatkan sumberdaya lahan yang berupa tanaman dan sisa-sisa tanaman. Beberapa bentuk metode vegetatif adalah 1) penghutanan dan penghijauan, 2) penanaman searah garis kontur, 3) penanaman dalam strip, 4) pemanfaatan mulsa dan tanaman penutup tanah.

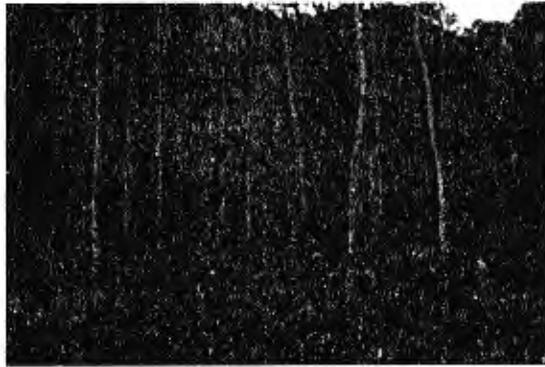
Pengaruh vegetasi hutan terhadap lahan antara lain :

- kerindangan daunnya dapat mengurangi kerusakan permukaan tanah akibat tenaga kinetik hujan.
- tonggak-tonggak tanaman hutan dapat mereduksi kecepatan aliran limpas dan berfungsi sebagai tanggul yang menghalangi laju sedimen.
- sistem perakaran hutan dapat memegang tanah sehingga kerusakan agregat tanah dapat dikurangi.

Kondisi tanah sebagai sebagai salah satu faktor dalam erosi memiliki peran sentral di dalam penanganan erosi. Atas dasar inilah salah satu bagian konsep konservasi bertujuan untuk meningkatkan ketahanan tanah terhadap gaya-gaya penyebab erosi, hal ini berarti bahwa upaya tersebut mencoba untuk menurunkan nilai erodibilitas tanah. Hudson (1979) menyatakan bahwa jumlah dan tingkat erosi yang terjadi bukan saja dipengaruhi sifat - sifat yang dimiliki tanah, tetapi lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi pengelolaan lahan maupun tingkat pembebanan yang diterima lahan lewat penerapan berbagai bentuk penggunaan lahan.

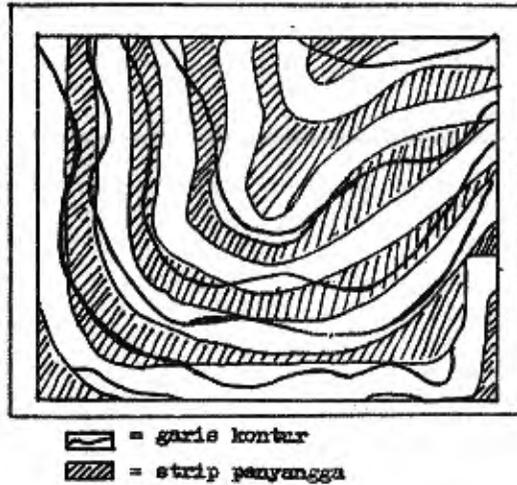
Dalam konsep konservasi tanah dan air, kondisi geomorfologi berpengaruh besar terhadap penanganan mekanis.

Untuk lereng dengan keteraturan garis kontur dan tidak kompleks, pembuatan teras dapat dilakukan dengan berbagai bentuk sesuai dengan kondisi mikro permukaan tanah setempat (teras gulud, teras bangku atau teras irigasi), hanya saja bidang olah yang telah berhasil dibentuk, sama sekali tidak diperuntukkan untuk pembudidayaan tanaman, tetapi bidang-bidang olah tersebut merupakan bagian dari area yang harus dihindarkan secara penuh. Forestasi sebaiknya tidak hanya berisi tanaman-tanaman hutan saja, tetapi untuk mempertahankan bentuk teras, gulud dan tampingan teras, adakalanya program ini dilengkapi dengan penanaman tanaman penutup tanah (*cover crop*) yang dapat tumbuh dan berkembang lebih cepat. Untuk menjaga kelestarian dan mengurangi perusakan-perusakan hutan, pelibatan masyarakat setempat dapat diupayakan dalam konsep 'agroforestry', karena di beberapa negara Afrika dan India terbukti dapat melestarikan 'hutan buatan' yang diprogramkan untuk mengurangi dampak banjir yang sering melanda daerah tersebut (Lal dan Russell, 1981). Di beberapa kawasan Inhutani misalnya Madiun Jawa Timur, penanaman dan pemeliharaan tanaman penutup tanah (tanaman pakan ternak) telah dapat melibatkan petani, dan pada saat tanaman pokok berumur 5 tahun, petani dapat menanam palawija (jagung) di sela-selanya. Penutupan *cover crop* di kawasan hutan yang secara efektif dapat menurunkan aliran limpas diperlihatkan gambar 13.



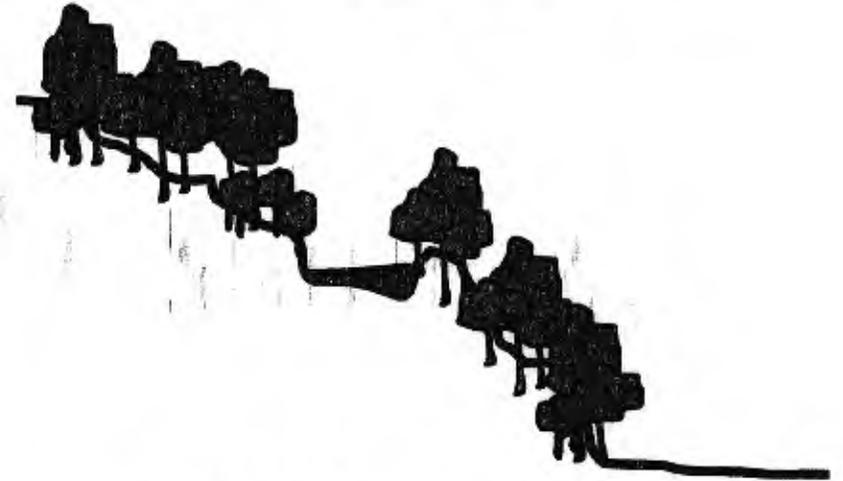
Sumber : www.rare.org/blog/wp-content/photos/Agroforestry.jpg
 Gambar 13. Tanaman penutup tanah di kawasan hutan.

Untuk kondisi lahan dan geomorfologi yang lebih kompleks atau dengan garis kontur yang rumit, tanaman hutan dapat ditanam dalam strip penyangga sebagaimana gambar 14.



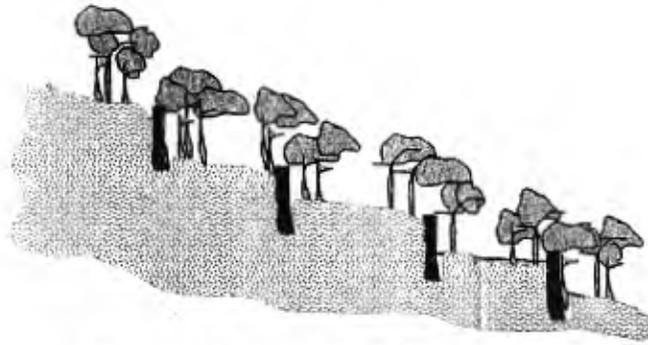
Gambar 14. Blok-blok hutan dalam strip

Konservasi tanah dan air dapat saja dilengkapi dengan sebaran area/kolam penyalap air (*water catchment area*) di beberapa bagian lereng yang memungkinkan dan dilengkapi dengan bangunan penyalap sedimen agar tidak diangkut ke bawah sebagaimana ilustrasi dalam gambar 15.



Gambar 15. *Water catchment area* di kawasan hutan

Bangunan penyalap air ini disamping merupakan sarana untuk meningkatkan pemanenan hujan (*raindrop harvesting*) juga dapat meningkatkan jumlah infiltrasi air ke dalam tanah. Sedangkan untuk tanah-tanah yang tergolong labil, upaya konservasi mekanik juga sering dilaksanakan, misal dengan membangun turap vegetasi atau talud yang berupa tanggul beton, sebagaimana dalam gambar 16.



Gambar 16. Konservasi vegetatif dan mekanik.

Tanah-tanah yang berumur tua seperti Oxisol, Podzolik pada umumnya tidak stabil dan mudah longsor jika kapasitas penampungan airnya terlampuhnya. Upaya konservasi sebagaimana disajikan gambar 16 memiliki kelebihan, di samping dapat meningkatkan kemampuan tanahnya dalam menampung air, proses gerakan tanah sebagai awal dari erosi dan longsor dapat dikurangi.

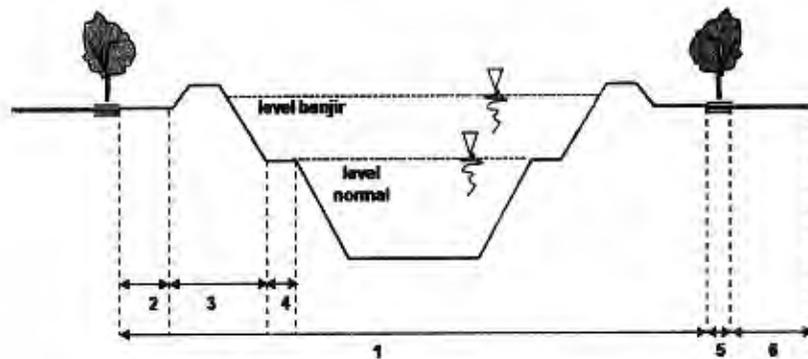
- Manajemen kawasan hilir

Upaya penataan kawasan hilir harus direncanakan secara seksama, karena dapat berbenturan dengan berbagai kepentingan terutama dari perspektif ekonomi, sosial dan bahkan politik. Penataan kembali sebuah kawasan yang telah tergunakan dan merupakan bagian dari ekosistem sungai banyak menemukan kendala-kendala teknis, terutama jika kawasan ini merupakan *sub-urban dan urban zone*. Kesimpangsiuran penataan kawasan terutama dominasi pertimbangan ekonomi akan semakin menyulitkan penataan kawasan secara ekologis.

Produk aturan dan hukum yang berhubungan dengan lingkungan dan penataan kawasan pada dasarnya telah cukup memadai kepentingan kelestarian dan penjagaan kualitas lingkungan. Penataan kawasan hilir dalam rangka untuk mengantisipasi datangnya banjir berhubungan erat dengan keseriusan aparat pemerintah dalam upaya penegakan peraturan dan hukum yang ada. Ketegasan aparat pemerintah ini berhubungan dengan pelaksanaan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang telah dipertegas dalam Rencana Desain Tata Ruang Kota (RDTRK) terutama yang berhubungan dengan :

- a. Prosentase penutupan bangunan/utilitas sebagaimana yang telah diatur dalam aturan *Building Coverage (BC)* yang hanya membolehkan 40% dari luas tanah untuk digunakan sebagai sarana/utilitas/bangunan.
- b. Implementasi INMEDAGRI No. 14/1988 tentang penataan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di setiap kawasan mutlak harus dilaksanakan, karena kawasan hijau ini dapat menjadi area resapan hujan sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya genangan dan dapat meningkatkan sediaan air tanah. Bentuk dari ruang terbuka hijau ini dapat berupa taman kota, sabuk hijau, hutan kota, ataupun suatu kawasan yang dilindungi oleh peraturan untuk tetap menjadi areal hijau.
- c. Penegakan aturan tentang Sempadan Sungai yang selama ini hanya menjadi asesori birokrasi, terutama yang

berhubungan dengan pembebasan kawasan-kawasan yang masuk dalam ekosistem sungai. Penegakan aturan ini punya dua tujuan utama yaitu 1) memperlancar aliran sungai dan mengurangi proses penyempitan badan sungai yang dapat disebabkan oleh pertumbuhan tidak terkontrol pemukiman-pemukiman urban dan 2) menekan dampak sosial yang timbul jika sewaktu-waktu banjir tidak dapat dikendalikan. Sempadan dalam skala ideal disajikan dalam gambar 17.



1. kawasan milik sungai, 2. Sempadan sungai, 3. Tanggul, 4. Bantaran sungai, 5. Pedestrian, 6. Badan Jalan

Gambar 17. Garis sempadan sungai.

Pada kondisi-kondisi yang spesifik misal Kota Jakarta, dapat saja sungai dipecah konsentrasinya seperti pembuatan Aliran Kanal Barat sebagaimana yang telah dibuat oleh Pemerintah Belanda dalam menyelamatkan Batavia dari banjir

dan Kanal Timur yang sekarang sedang dikerjakan Pemerintah DKI Jakarta. Upaya ini juga dilengkapi dengan menghidupkan kembali area sadapan air di beberapa titik cekungan (rawa) yang dulu banyak tersebar di wilayah Jakarta. DKI Jakarta sebagai kasus, adalah salah satu bentuk kawasan yang berada dalam satu kesatuan ekosistem dengan daerah hulu yang terletak di Propinsi Jawa Barat, oleh karena itu penanganan banjir tidak dapat sepotong-sepotong dengan menjadikan kota Jakarta sebagai subyek dan beberapa kota yang melingkupinya (Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi) sekadar sebagai kawasan pendukung, tetapi hendaknya tempat - tempat tersebut memiliki posisi dan kepentingan yang sama dalam format lingkupannya. Birokrasi DKI Jakarta dan Propinsi Jawa Barat harus duduk bersama menyelesaikan masalah banjir di wilayah Jabodetabek. Keterpaduan teknis dan strategi pengelolaan aliran sungai yang melingkupi wilayah-wilayah tersebut diharapkan dapat mengurangi resiko dan dampak banjir di masa datang.

Degradasi lahan dan turunnya kualitas fungsi lahan diakibatkan oleh gaya dari dalam (alam) maupun dari luar. Proses degradasi lahan ini menunjuk kepada munculnya gaya-gaya penyebab erosi yang terjadi di setiap luasan di atas permukaan bumi. Dalam perspektif geomorfologi, degradasi lahan yang lebih banyak disebabkan oleh erosi berakibat kepada perubahan-perubahan bentuk permukaan bumi.

Selain gejala alam yang disebabkan oleh gaya endogen, erosi merupakan salah satu proses eksogen yang paling banyak menimbulkan penurunan kualitas sumberdaya lahan. Erosi merupakan salah satu bentuk kehilangan atau terkikisnya lapisan

tanah atau bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain yang cenderung lebih rendah. Erosi merupakan imbalan antara penyediaan sedimen yang didominasi oleh proses genesis tanah dan proses pengangkutan sedimen. Imbalan inilah yang menyebabkan suatu proses erosi dapat bersifat menguntungkan atau merugikan. Erosi bersifat menguntungkan jika proses tersebut menyebabkan terjadinya horizon timbunan yang lebih subur atau memiliki dampak kolmatasi (penimbunan) di atas lahan yang memiliki permukaan yang tidak dikehendaki. Sebaliknya, erosi bersifat merugikan jika proses tersebut menciptakan horizon timbunan yang terendapkan di atas lapisan subur, atau jika proses tersebut menyebabkan pendangkalan saluran air, sungai atau bangunan penadap air lainnya. Terlepas dari kedua dampak di atas, paling tidak erosi selalu dihubungkan dengan timbulnya kerusakan antara lain :

- Lahan yang mengalami erosi pada umumnya mempunyai kualitas buruk bagi penyanggaan budidaya tanaman.
- Selalu terjadi pendangkalan sungai, danau dan saluran irigasi.
- Terganggunya siklus hidrologi akibat dari menurunnya fungsi lahan sebagai lumbung air dan sebagai dampak ikutannya lahan di bawahnya akan mengalami kekeringan di musim kemarau dan mengalami banjir di musim penghujan.

Erosi merupakan gejala alam yang selalu terjadi di setiap bentang lahan di permukaan bumi. Menurut prosesnya erosi di kawasan tropika basah didahului dengan pecahnya agregat tanah oleh gaya kinetis butir hujan yang kemudian diikuti dengan

lepasnya partikel-partikel tanah dari satuan massa tanahnya. Partikel tanah yang lepas dari agregatnya ini dapat menyumbat pori-pori tanah permukaan dan dapat menurunkan laju infiltrasi air ke dalam tanah serta akhirnya akan memunculkan genangan. Genangan yang terjadi di permukaan dengan kemiringan cukup menyebabkan munculnya aliran limpas (*run off*) yang menjadi tenaga pengangkut yang cukup efisien untuk membawa sedimen ke tempat yang lebih rendah yang akhirnya sedimen ini diendapkan. Proses erosi terjadi karena tenaga yang berasal dari alam, dan pada kebanyakan kasus kegiatan dalam memenuhi hajat hidupnya, kegiatan manusia dapat mempercepat intensitas erosi yang terjadi.

Erosi merupakan rangkaian proses yang terjadi secara berkesinambungan dari waktu ke waktu dan merupakan proses kait-mengait dengan kejadian lain. Oleh karena itu proses yang sedang berlangsung jarang dapat diamati dengan seksama. Dengan demikian proses erosi hanya dapat ditelaah akibat akhirnya saja. Di sisi lain proses erosi yang terjadi tidak dapat dipisahkan dari situasi geomorfologi dan formasi geologi yang ada, sehingga didapat suatu kesulitan untuk membedakan erosi geologi, erosi dipercepat ataukah fenomena geologi murni seperti tanah longsor (*landslide*), atau rayapan tanah (*soil creeping*). Di lapangan akibat - akibat yang ditimbulkan proses degradasi lahan ini juga sulit untuk dipilah-pilah. Oleh karena itu untuk kepentingan upaya-upaya rehabilitasi lahan dan konservasi lahan secara menyeluruh, erosi diklasifikasikan berdasarkan fenomena fisik dampak erosi yang ditimbulkan. Berdasarkan kenyataan ini Morgan (1979) dalam Seta (1987) mencoba mengklasifikasikan

erosi berdasarkan bentuknya menjadi erosi percik (*splash erosion*), erosi air limpas (*run-off* atau *sheet erosion*), erosi bawah permukaan (*sub-surface erosion*), erosi alur (*rill erosion*), erosi selokan (*gully erosion*) dan erosi rayapan massa tanah (*soilcreep erosion*). Sementara Zachar (1982) menyatakan bahwa klasifikasi erosi berdasarkan bentuknya akan menemukan berbagai hambatan dalam menyusun sistem klasifikasi yang seragam dan berlaku di sembarang tempat karena banyaknya perbedaan sistem penelitian dan pengukuran erosi yang digunakan. Selanjutnya juga disampaikan bahwa bergantung dari tempat terjadinya, erosi dapat dipilahkan menjadi erosi mikro, erosi meso dan erosi makro yang masing-masing berkembang di dalam kondisi fisiografis dan geomorfologi yang bersifat mikro, meso ataupun makro di tempat erosi tersebut terjadi. Berdasarkan asal datangnya tenaga penyebab erosi, pakar lain menggolongkan erosi menjadi erosi Eksomorfis jika erosi terjadi karena adanya sebab-sebab dari luar tubuh tanah dan erosi Kriptomorfis jika erosi terjadi karena adanya sebab-sebab dan faktor dari dalam tubuh tanah.

Daerah tropis yang lembab seperti Indonesia memiliki curah hujan melebihi 1.500 mm/tahun (Sarief, 1988), dengan demikian air merupakan penyebab utama terjadinya erosi. Proses erosi yang sering terjadi biasanya terdiri atas tiga tahapan kejadian yaitu pemecahan agregat tanah yang diikuti oleh pendispersian struktur tanah, pengangkutan partikel-partikel tanah dari yang berukuran kecil sampai sangat halus dalam bentuk bahan tersuspensikan dan yang terakhir pengendapan partikel - partikel tanah di tempat yang lebih rendah atau di

dasar sungai. Pada proses pemecahan agregat tanah dan pendispersian struktur tanah, tetesan hujan mempunyai peran yang sangat menentukan karena tenaga kinetik yang dimilikinya, sehingga dapat menimbulkan erosi percik. Pada proses tahap kedua yaitu pengangkutan suspensi tanah ke tempat yang lebih rendah, dipengaruhi oleh seberapa besar intensitas hujan yang terjadi. Di sisi lain kapasitas infiltrasi tanah dan kecepatan penjunahan tubuh bumi merupakan faktor yang menentukan timbulnya aliran limpas permukaan tanah yang bekerja kait-mengait dengan faktor besar lereng (*slope*) dan panjang kereng yang dilewatinya. Potensi bencana erosi di Indonesia disajikan dalam gambar 18.



Gambar 18. Peta Risiko Bencana Erosi.

Gerakan tanah pada umumnya terdiri atas longsor (*landslide*) dan rayapan tanah (*soil creeping*). Pembeda keduanya

terletak pada kecepatan terjadinya, longsor terjadi secara tiba-tiba tanpa bisa diprediksi sebelumnya, sedangkan rayapan tanah dapat dilihat gejalanya lewat pengamatan fenomena perubahan lapisan tanah dan benda/bangunan (vegetasi, bangunan fisik) yang ada di permukaan tanahnya. Gerakan tanah dipengaruhi oleh beberapa kondisi seperti struktur geologi (batuan dasar), kapasitas infiltrasi tanah yang berpengaruh pada bobot isi tanah, kondisi vegetasi dan iklim terutama tinggi rendahnya curah hujan. Longsor merupakan bentuk gerakan tanah yang cukup membahayakan dan dipengaruhi oleh kemiringan lahan (slope), kondisi penutupan permukaan tanah, sistem perakaran vegetasi dan tingkat kelembaban tanah, dan kompak tidaknya materi penyusun tanah. Potensi terjadinya bencana gerakan tanah di Indonesia disajikan dalam gambar 19.



Gambar 19. Peta Risiko Bencana Gerakan Tanah.

Indonesia termasuk negara yang memiliki potensi kegunung-apian, tercatat 129 gunung api yang masih aktif, sekitar 70 diantaranya merupakan gunung aktif dengan kerawanan letusan dan 15 di antaranya termasuk gunung api kritis, serta sisanya merupakan kompleks gunung dalam kondisi tidak aktif. Gunung api aktif di Indonesia merupakan 13% dari keseluruhan gunung api yang ada di permukaan bumi, oleh karena itu Indonesia sering disebut sebagai kawasan *ring of fire* karena membentuk sabuk (cincin) yang memanjang dari Pulau Sumatra, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, serta meluas ke Indonesia bagian Utara sampai laut banda dan Sulawesi, oleh karenanya Indonesia juga dijuluki *the smoking volcanoes country* (gambar 20).



Gambar 20. Sebaran gunung berapi di Indonesia

Gunung Merapi merupakan gunung teraktif di dunia karena memiliki siklus pendek yang ditandai dengan munculnya

asap sulfatara dan luncuran lidah lava, serta siklus panjang yang ditandai dengan terjadinya gempa tremor/multiphase dan semburan awan panas. Erupsi gunung Merapi menimbulkan dua bentuk ancaman bencana yaitu semburan awan panas yang disertai dengan sedimentasi material piroklastik dan bahaya lahar dingin melalui beberapa sungai yang berhulu di Merapi.

Sebelum tahun 2010, erupsi Merapi yang cukup besar terjadi pada bulan Mei 2006. Berdasarkan hasil interpretasi citra satelit ALOS-PALSAR bulan September 2006 dapat diketahui kawasan penyebaran material piroklastik, guguran lava pijar dan efek awan panas (LAPAN, 2006). Fase aktivitas Merapi saat itu telah menyebabkan terjadinya perubahan morfologi di sekitar puncak Merapi. Perubahan tersebut termasuk runtuhnya tebing kawah yang selama ini disebut "geger boyo", yang secara fisik melindungi beberapa kawasan di sekitar hulu sungai Opak, sungai Gendol dan sungai Kuning termasuk desa Umbulharjo, Kepuharjo dan Glagahharjo. Runtuhnya "geger boyo" ini menyebabkan semakin terbukanya hulu sungai Gendol, Boyong dan Krasak sebagai *main-outlet* material vulkanik. Berdasarkan penelitian tim LAPAN (2006) telah terjadi perubahan ukuran lebar hulu sungai Gendol dari 50-75 meter menjadi 150-250 meter. Kondisi ini telah membuka jalan apabila terjadi guguran lava pijar, awan panas dan lahar dingin, material-material hasil proses tersebut akan langsung mengarah ke hulu sungai Gendol. Oleh karena itu, pada kejadian erupsi Oktober-November 2010 yang baru lalu, ketiga desa tersebut termasuk salah satu wilayah yang mengalami kerusakan paling parah.

Sejak runtuhnya "geger boyo" pada tahun 2006, kawasan sebelah Utara dari desa-desa yang ada di kecamatan Cangkringan makin rentan terhadap bahaya aktivitas vulkan gunung Merapi. Pasca erupsi 2010, Peta Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) yang dirilis 19 November 2010 menyebutkan bahwa tiga desa di kecamatan Cangkringan telah mengalami kerusakan fisik. Kerusakan rumah di desa Umbulharjo sebanyak 262 buah, desa Kepuharjo sebanyak 828 buah, desa Glagahharjo sebanyak 827 buah, desa Wukirsari sebanyak 265 buah dan desa Argomulyo sebanyak 129 buah. Kerusakan hunian dan fasilitas fisik di 5 desa tersebut juga diikuti oleh kerugian lain, khususnya yang diderita oleh masyarakat desa Umbulharjo, desa Kepuharjo, desa Glagahharjo, desa Wukirsari dan desa Argomulyo. Kerusakan lingkungan dari ke 5 desa tersebut pada umumnya berasal dari berkurangnya luasan hutan di kawasan Taman Nasional Gunung Merapi (TNGM). Berkurangnya luasan hutan ini setidaknya akan menurunkan daya dukung ekosistem bagi pola pertanian dan sumber air bersih (mata air). Di samping itu, erupsi juga telah menyebabkan tertutupnya lahan garapan oleh material vulkan yang pada umumnya didominasi oleh fraksi pasir dan debu (abu).

Kerusakan sumberdaya lahan akibat erupsi merapi 2010 sebagian besar berupa endapan batu, pasir dan abu. Desa Kepuharjo merupakan salah satu desa yang ada di Kecamatan Cangkringan Sleman yang banyak menerima dampak langsung erupsi tahun 2010. Hasil pengamatan lapangan yang dilakukan Gunawan (2012) terhadap ketebalan sedimen material piroklastik dan sebaran batuan di delapan dusun yang dimiliki

desa tersebut disajikan dalam tabel 2, yang menunjukkan bahwa dusun Kaliadem, Jambu dan Petung memiliki ketebalan sedimen lebih besar dan sebaran batuan yang lebih banyak dibanding ke lima dusun lainnya, sesuai dengan jarak luncurnya dari pusat letusan (puncak Merapi) menuju dusun-dusun tersebut.

Tabel 2. Ketebalan Sedimen Materi Vulkan Dan Kebatuan Di Desa Kepuharjo

Dusun	Tebal Sedimen (cm.)	Kebatuan
Kaliadem	15-30	<75%
Jambu	15-28	<50%
Petung	10-26	<50%
Kopeng	10-16	<25%
Batur	5-10	<25%
Pagerjuran	3-6	<25%
Kepuh	3-7	<25%
Manggong	2-5	<5%

Tabel tersebut memperlihatkan bahwa kawasan yang mendekati pusat letusan memiliki ketebalan sedimen materi vulkan dan sebaran batuan yang lebih besar. Hal ini juga menunjukkan adanya tingkat keparahan kerusakan sumberdaya lahan yang semakin besar untuk kawasan-kawasan yang mendekati pusat letusan. Dari hasil pengamatan ini sebenarnya menunjukkan tingkat kerawanan yang dimiliki delapan dusun yang ada di desa kepuharjo. Intensitas sebaran batuan yang terdapat di dusun Kaliadem, Petung dan Jambu menunjukkan bahwa ke tiga dusun ini memiliki ancaman paling serius terhadap lontaran materi vulkan jika terjadi letusan gunung Merapi. Sedimen material piroklastik Merapi yang berujud pasir kasar sampai halus dan debu dapat merusak potensi lahan, karena memiliki peluang mengubah sifat dan produktivitas kemas muka

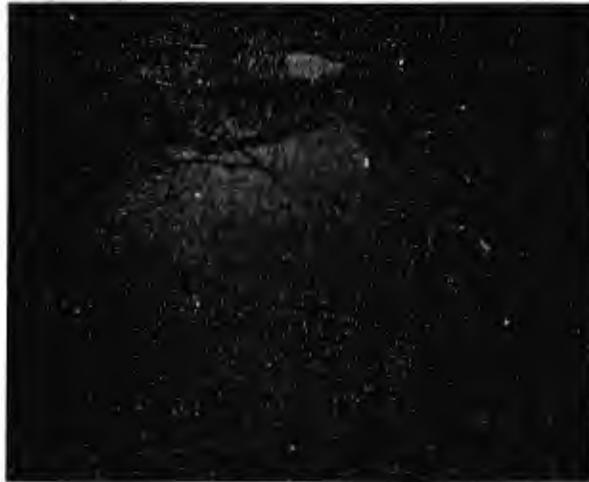
tanah (gambar 21). Hasil penetapan beberapa sifat tanah yang dilakukan Gunawan (2012) disajikan dalam tabel 3, yang menunjukkan bahwa semakin mendekati puncak gunung, terjadi peningkatan pemadatan tanah (penurunan berat volume dan porositas tanah) dan penurunan kandungan C organik akibat terbakarnya lapisan bahan organik dan humus oleh awan panas. Ketebalan abu vulkanik jika tidak segera diolah akan membentuk lapisan padat yang membuat permukaan tanah menjadi bersifat kedap sebagaimana gambar 22.



Gambar 21. Sedimen material piroklastik erupsi Merapi 2010.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Beberapa Sifat Tanah Pasca Erupsi 2010

Dusun	Berat volume (g/cm ³)	Porositas (%)	Kadar C organik (%)	pH
Kaliadem	1,41	42,2	0,78	6,1
Jambu	1,38	43,6	0,87	6,0
Petung	1,37	45,4	0,78	6,0
Kopeng	1,40	46,8	0,84	6,2
Batur	1,47	53,2	1,10	5,9
Pagerjuran	1,54	52,6	0,92	6,1
Kepuh	1,42	49,2	0,91	6,1
Manggong	1,51	51,2	1,24	5,9



Gambar 22. Pembentukan lapisan kedap air oleh sedimen abu vulkan

Gunung berapi aktif memiliki dua macam potensi bencana yang dapat menimbulkan kerusakan sumberdaya lahan. Demikian halnya dengan gunung Merapi yang memiliki dua ancaman bencana utama yaitu masa erupsi (lontaran materi piroklastik dan awan panas) dan ancaman bahaya lahar dingin pasca erupsi pada saat terjadi hujan lebat di kawasan puncak. Ancaman lahar dingin mengancam kawasan lereng Merapi mulai dari lereng selatan dan tenggara yang mengarah ke kali Woro, kali Gendol, kali Boyong, kali Krasak, kali Putih dan sungai lain yang berhulu di puncak Merapi. Aliran lahar dingin ini memiliki kekuatan alir yang ditentukan oleh intensitas hujan dan seberapa besar materi piroklastik yang dialirkan. Peristiwa luapan lahar dingin di kawasan kabupaten Sleman melalui limpasan lahar

dingin ke arah samping telah mengakibatkan rusaknya ratusan hektar sawah, Sedangkan aliran lahar dingin yang melintasi kali Putih telah berkali-kali memutus jalur transportasi utama Yogyakarta-Magelang serta merusakkan ribuan hektar sawah di kawasan Muntilan Jawa Tengah.

3. Kebijakan pemerintah dalam pengelolaan sumberdaya lahan

Memasuki era globalisasi dan penambahan penduduk yang tidak dapat dicegah, membuat dunia dihadapkan pada dua masalah utama yaitu kelangkaan pangan dan energi. Penyediaan pangan bagi Indonesia pada masa mendatang diperkirakan akan menjadi masalah utama bangsa ini. Atas dasar hal ini, diperlukan perhatian yang sungguh-sungguh dari pemerintah dalam mengusahakan kecukupan sediaan sumberdaya lahan. Dalam rangka mengupayakan peningkatan kesejahteraan dan kualitas kehidupan rakyat, pembangunan harus tetap dijalankan, sehingga diperkirakan dapat mendorong munculnya konflik kepentingan atas pemanfaatan ruang di permukaan bumi. Hal ini menunjukkan dibutuhkannya pengaturan pengelolaan lingkungan alam dan lingkungan buatan. Sementara dengan semakin terbatasnya sediaan bakar bakar fosil, masyarakat industri mulai beralih kepada sumber-sumber energi terbarukan yang berbahan baku komoditi pertanian. Pengembangan sumber energi terbarukan jenis tersebut akhirnya akan menimbulkan konflik pemanfaatan lahan guna penyediaan pangan dan energi.

Kebijakan tata ruang nasional diatur dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang

Penataan Ruang yang diselenggarakan berdasarkan asas keterpaduan, keserasian, keselarasan, keseimbangan, keberlanjutan, keberdayagunaan dan keberhasilgunaan, keterbukaan, kebersamaan dan kemitraan, perlindungan kepentingan umum, kepastian hukum dan keadilan, serta akuntabilitas.

Atas dasar hal tersebut di atas, Pasal 3 UU No. 26 tahun 2007, menegaskan bahwa penyelenggaraan penataan ruang bertujuan untuk mengwujudkan ruang wilayah nasional yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan berlandaskan Wawasan Nusantara dan Ketahanan Nasional, demi terwujudnya (a) keharmonisan antara lingkungan alam dan lingkungan buatan, (b) keterpaduan dalam penggunaan sumberdaya alam dan sumberdaya buatan dengan memperhatikan sumberdaya manusia, dan (c) perlindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang.

Berdasarkan kebijakan tata ruang nasional, konsep penataan ruang diklasifikasikan berdasarkan sistem, fungsi utama kawasan, wilayah administratif, kegiatan kawasan dan nilai strategis kawasan. Penataan ruang berdasarkan sistem terdiri atas sistem wilayah dan sistem internal perkotaan. Penataan ruang berdasarkan fungsi utama kawasan terdiri atas kawasan lindung dan kawasan budidaya. Penataan ruang berdasarkan wilayah administratif terdiri atas penataan ruang wilayah nasional, penataan ruang wilayah provinsi dan penataan ruang kabupaten/kota. Penataan ruang berdasarkan kegiatan kawasan terdiri atas penataan ruang kawasan perkotaan dan penataan ruang kawasan perdesaan. Penataan ruang berdasarkan nilai strategis kawasan terdiri atas penataan ruang kawasan strategis

nasional, penataan ruang kawasan strategis provinsi, dan penataan ruang kawasan strategis kabupaten/kota.

Pemahaman pemangku kebijakan terhadap pasal 3, butir (a), (b) dan (c) UU Nomor 26 Tahun 2007 di atas sangatlah penting. Dalam hal ini, secara nasional dibutuhkan suatu persepsi dan penafsiran yang sama antar pemangku kebijakan, sehingga penetapan dan penataan ruang justru tidak dilandasi oleh kepentingan ekonomi jangka pendek semata, tapi penataan ruang memang diupayakan untuk mencapai asas - asas yang telah ditetapkan dalam undang - undang tersebut.

Perbedaan dan bias penafsiran dalam melaksanakan UU Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah dan UU Nomor 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah dapat menjadi sumber ancaman bagi kelestarian sumberdaya lahan. Pelaksanaan kedua undang - undang tersebut bolehjadi akan menyebabkan percepatan penurunan luasan lahan produktif. Pemekaran daerah sebagaimana dijamin dalam Pasal 4 ayat (3) dan (4) UU Nomor 32 Tahun 2004 memiliki peluang berbenturan dengan UU Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan dan UU 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Kesimpangsiuran penafsiran produk undang-undang sering menimbulkan konflik kepentingan. Dalam masalah pemanfaatan kawasan hutan, Basuki (2009) menyatakan dari luas kawasan hutan yang lebih kurang 135,9 juta hektar, di dalamnya terdapat kawasan yang tidak berhutan dan diindikasikan terdapat kegiatan non-kehutanan seluas lebih kurang 40 juta hektar. Selanjutnya dinyatakan pula bahwa penyebab konflik pemanfaatan kawasan

hutan antara lain adanya perbedaan peta sebagai acuan pemberian ijin, perbedaan penafsiran peraturan perundangan dalam implementasi di lapangan, ketidak-selarasan peraturan perundangan antar sektor, inkonsistensi peraturan perundangan yang telah terbit, ketidak-taatan implementasi peraturan perundangan, kurangnya monitoring dan evaluasi sebagai dasar pencegahan dini terhadap pelanggaran peraturan perundangan dan lemahnya penegakan hukum. Dalam hal penegakan hukum, Wahyudi Wardoyo, dkk. (2001) menyatakan bahwa lebih dari dua dekade sumberdaya hutan secara perlahan telah mengalami pengurangan luas melalui beberapa faktor termasuk pembalakan liar dan kejahatan kehutanan lain, praktek pengelolaan hutan yang tidak tepat, dan kurangnya pengawasan dan monitoring. Degradasi sumberdaya hutan dan hilangnya keragaman hayati dapat disebabkan oleh banyak faktor, terutama disebabkan oleh pembalakan liar, perdagangan ilegal produk dan hasil hutan (termasuk flora dan fauna yang dilindungi) untuk kepentingan dalam dan luar negeri, pelanggaran kawasan hutan dan kebakaran hutan. Praktek-praktek merusak ini dapat dipicu oleh lemahnya penegakan hukum, serta lemahnya pengawasan dan monitoring.

Perbedaan penafsiran juga dapat berasal dari pihak penegak hukum, Anry Widyo, L. (2008) telah meneliti implementasi Pasal 78 ayat (15) UU Nomor 41 Tahun 1999 yang menyatakan bahwa "Semua hasil hutan dari hasil kejahatan dan pelanggaran dan atau alat-alat termasuk alat angkutnya yang dipergunakan untuk melakukan kejahatan dan atau pelanggaran sebagaimana dimaksud dalam pasal ini dirampas untuk negara".

Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa alasan - alasan yang melatarbelakangi perbedaan para hakim tidak menerapkan ketentuan Pasal 78 ayat (15) Undang-undang tentang Kehutanan secara imperatif ada tujuh yaitu a) adanya inkonsistensi petunjuk yang dikeluarkan oleh Mahkamah Agung Republik Indonesia, b) Substansi/bunyi ketentuan Pasal 78 ayat (15) Undang-undang Kehutanan yang tidak jelas/tegas, c) adanya perbedaan nilai yang ditekankan oleh Majelis Hakim, d) adanya perbedaan faham hukum yang diikuti Majelis Hakim, e) adanya perbedaan penafsiran (interpretasi) terhadap Pasal 78 ayat (15) Undang-undang Kehutanan, f) adanya perbedaan latar belakang pendidikan dan pengalaman Hakim, g) adanya faktor-faktor ekstern serta faktor sistem pemerintahan (politik).

Peningkatan keuangan daerah yang diatur dalam pola perimbangan keuangan sebagaimana UU Nomor 33 Tahun 2004, menyebabkan daerah selalu berupaya untuk meningkatkan pendapatan asli daerah dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang dimiliki. Alih fungsi lahan hutan dan lahan tanaman pangan menjadi perkebunan sawit merupakan contoh perencanaan pembangunan daerah yang justru bertentangan dengan Pasal 6 UU Nomor 41 Tahun 2009 yang menyatakan bahwa "Perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan dilakukan terhadap lahan pertanian pangan dan lahan cadangan pertanian berkelanjutan yang berada di dalam atau di luar kawasan pertanian pangan". Pemekaran kota/kabupaten sebagai akibat peningkatan keuangan daerah dikhawatirkan juga akan berbenturan dengan Pasal 8 undang - undang tersebut yang menyatakan bahwa " Dalam hal di wilayah kota terdapat lahan

pertanian pangan, lahan tersebut dapat ditetapkan sebagai lahan pertanian pangan berkelanjutan untuk dilindungi”.

Kesalahan dalam mengelola sumberdaya lahan dan ekosistem telah terbukti memberikan dampak yang luas baik dari sudut ekonomi, sosial, kesehatan bahkan politik. Oleh karena itu sudah saatnya penanganan terhadap suatu masalah lingkungan hendaknya didekati dari kaidah-kaidah ekologis agar penanganannya tidak tersekat-sekat oleh kepentingan sektor lain serta dapat menciptakan strategi yang tepat dan terpadu. Sementara itu program-program pengembangan kawasan baru hendaknya menjadikan sistem ekologis yang ada digunakan sebagai dasar setiap perencanaan pemanfaatan lahan yang bersangkutan, terlebih lagi jika hal ini menyangkut suatu kawasan Daerah Aliran Sungai yang nyata-nyata berperilaku dan memiliki siklus ekologi tersendiri.

Undang Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 1999, tentang Pemerintah Daerah memberikan keleluasaan kepada Daerah untuk menyelenggarakan Otonomi Daerah yang berprinsip demokrasi, pelibatan peran serta masyarakat, pemerataan dan keadilan dengan memperhatikan potensi dan keanekaragaman Daerah. Otonomi Daerah ini dilaksanakan dalam bentuk memberikan kewenangan yang luas, nyata dan bertanggung jawab kepada Daerah secara proporsional yang diwujudkan dengan pengaturan pembagian dan pemanfaatan sumber daya nasional setempat (sumber daya lokal), serta perimbangan keuangan Pusat dan Daerah. Walaupun Undang Undang ini direvisi dan dengan dikeluarkannya Undang Undang Nomor 32 Tahun 2004, pelaksanaan otonomi daerah

nampaknya akan mengarah kepada setiap Pemerintah Daerah untuk secara mandiri mengelola dan mengolah sumber sumber pendapatannya, terutama sumber daya lahan yang berpotensi meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD). Godaan dan motif ekonomi sering menciptakan 'kebijakan instan' yang justru merugikan lingkungan. Kebijakan-kebijakan yang dapat berubah antara satu periodesasi pemerintahan satu dengan yang lain merupakan ancaman serius bagi lingkungan, oleh karena itu sudah saatnya diciptakannya posisi tawar masyarakat sadar lingkungan yang akhirnya akan menciptakan organisasi non pemerintah dan kelompok swadaya masyarakat yang dapat menjadi pengontrol dan memiliki kekuatan cukup untuk melakukan advokasi terhadap penyelewengan kebijakan - kebijakan birokrasi yang merugikan lingkungan. Sosialisasi tentang pentingnya pengaturan dan penataan ruang, menjadi sangat penting guna mengurangi munculnya kebijakan tumpang tindih yang cenderung mendatangkan kerugian tata kawasan di masa datang.

Kebijakan penataan ruang didasarkan kepada pemahaman bahwa ruang wilayah negara kesatuan Republik Indonesia yang merupakan negara kepulauan berciri nusantara, merupakan kesatuan wadah yang meliputi ruang darat, ruang laut dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi. Kesemuanya itu merupakan sumber daya alam yang dalam pengelolaannya harus dilakukan secara bijaksana berdaya guna dan berhasil guna dengan berpedoman pada kaidah penataan ruang sehingga kualitas ruang wilayah dapat terjaga keberlanjutannya demi

terwujudnya landasan konstitusional Undang-undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945.

Kebijakan umum penataan ruang berdasarkan ketentuan umum yang menyatakan bahwa ruang adalah wadah yang meliputi ruang darat, ruang laut dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi sebagai satu kesatuan wilayah, tempat manusia dan makhluk hidup lain melaksanakan hidupnya, melakukan kegiatan, dan memelihara keberlangsungan hidupnya. Berdasarkan distribusi peruntukan ruang dalam satu wilayah, dibagi menjadi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budidaya. Oleh karena itu, pelaksanaan kebijakan penataan ruang merupakan suatu sistem proses perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang.

Kebijakan tata ruang nasional diatur dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang yang diselenggarakan berdasarkan asas keterpaduan, keserasian, keselarasan, keseimbangan, keberlanjutan, keberdayagunaan dan keberhasilgunaan, keterbukaan, kebersamaan dan kemitraan, perlindungan kepentingan umum, kepastian hukum dan keadilan, serta akuntabilitas.

Atas dasar hal tersebut di atas, UU No. 26 tahun 2007, pasal 3 menegaskan bahwa penyelenggaraan penataan ruang bertujuan untuk mewujudkan ruang wilayah nasional yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan berlandaskan Wawasan Nusantara dan Ketahanan Nasional, demi terwujudnya (a) keharmonisan antara lingkungan alam dan lingkungan buatan, (b) keterpaduan dalam penggunaan sumberdaya alam dan

sumberdaya buatan dengan memperhatikan sumberdaya manusia, dan (c) perlindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang.

Berdasarkan kebijakan tata ruang nasional, konsep penataan ruang diklasifikasikan berdasarkan sistem, fungsi utama kawasan, wilayah administratif, kegiatan kawasan dan nilai strategi kawasan. Penataan ruang berdasarkan sistem terdiri atas sistem wilayah dan sistem internal perkotaan. Penataan ruang berdasarkan fungsi utama kawasan terdiri atas kawasan lindung dan kawasan budidaya. Penataan ruang berdasarkan wilayah administratif terdiri atas penataan ruang wilayah nasional, penataan ruang wilayah provinsi dan penataan ruang kabupaten/kota. Penataan ruang berdasarkan kegiatan kawasan terdiri atas penataan ruang kawasan perkotaan dan penataan ruang kawasan perdesaan. Penataan ruang berdasarkan nilai strategis kawasan terdiri atas penataan ruang kawasan strategis nasional, penataan ruang kawasan strategis provinsi, dan penataan ruang kawasan strategis kabupaten/kota.

Dalam hubungannya dengan penjagaan kualitas sumberdaya lahan, maka pemantapan fungsi kawasan lindung dan pengembangan serta optimalisasi kawasan budidaya sebagaimana diatur dalam Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 merupakan hal sangat penting. Undang-undang tersebut juga memberikan amanat bahwa pemantapan kawasan lindung dan budidaya dilaksanakan melalui beberapa strategi. Strategi pemantapan fungsi kawasan lindung antara lain :

1. memantapkan kawasan hutan lindung.
2. melakukan perlindungan secara optimal dan berkelanjutan untuk mempertahankan ekosistem pada kawasan yang memberikan perlindungan terhadap kawasan bawahannya.
3. mengamankan kawasan perlindungan setempat agar dapat berfungsi optimal dan tetap terlindungi ekosistemnya.
4. mengelola kawasan suaka alam, pelestarian alam dan cagar budaya agar tetap lestari
5. mengatur pemanfaatan ruang di kawasan rawan bencana yang berbasis pada pencegahan dan mitigasi bencana.
6. menjadikan kawasan lindung geologi yang memiliki ciri langka dan/bersifat indah menjadi laboratorium alam kehidupan di masa lampau untuk pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan dan pariwisata.
7. menjaga kawasan lindung lainnya baik kawasan terumbu karang maupun kawasan koridor bagi jenis satwa atau biota laut yang dilindungi dari semua kegiatan yang dapat merusak fungsi lindung dengan mempertahankan serta menjaga keberadaan ekosistem beserta keunikannya.

Sedangkan strategi pengembangan dan optimalisasi kawasan budidaya antara lain :

1. mengoptimalkan fungsi hutan produksi untuk mencapai manfaat lingkungan, sosial, budaya, dan ekonomi secara seimbang.
2. melakukan pengembangan dan perluasan hutan rakyat untuk memenuhi kebutuhan pasar terhadap hasil hutan.

3. mengembangkan kawasan peruntukan pertanian menuju terwujudnya kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan daerah.
4. mengembangkan kawasan peruntukan perkebunan sebagai kawasan agroindustri dan agrowisata yang unggul dan berdaya saing sesuai dengan karakteristik wilayah.
5. mengembangkan kawasan peruntukan perikanan sebagai kawasan produksi ikan yang higienis dan unggul yang dapat mendorong terwujudnya swasembada ikan dan industrialisasi perikanan.
6. mengembangkan kawasan peruntukan pertambangan untuk kesejahteraan masyarakat dengan memanfaatkan potensi pertambangan sesuai dengan daya dukung lingkungan secara bijaksana dan berwawasan lingkungan.
7. mengembangkan kawasan peruntukan industri yang lebih berorientasi pada terwujudnya industri yang dapat mendukung sektor unggulan pertanian, perikanan, kehutanan dan pariwisata.
8. mengembangkan kawasan peruntukan pariwisata yang dapat mendukung terwujudnya daerah tujuan wisata unggulan.
9. mengembangkan kawasan permukiman baik permukiman perdesaan maupun kawasan permukiman perkotaan untuk tempat bermukim yang sehat, asri dan aman dari bencana alam.
10. mengembangkan dan mengoptimalkan kawasan peruntukan perdagangan dan jasa melalui penguatan

pasar tradisional, pengendalian pasar modern, serta fasilitasi usaha kecil dan menengah.

11. mengembangkan kawasan peruntukan pendidikan tinggi yang unggul dan dilengkapi dengan prasarana dan sarana pendukung yang baik dan lengkap.

Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 telah memberikan arahan yang jelas tentang konsep, dasar perbedaan, peruntukan dan strategi pengelolaan kawasan hutan lindung dan kawasan budidaya agar tetap memiliki fungsi masing-masing. Ketidak-taatan pelaksanaan undang-undang tersebut menyebabkan terjadinya degradasi sumberdaya lahan dan bertambahnya luasan lahan kritis. Praktek pemanfaatan lahan yang selama ini berlangsung di Indonesia masih jauh dari harapan sebagaimana yang diinginkan oleh undang-undang tersebut. Beberapa hal yang berhubungan dengan pelaksanaan undang-undang tersebut antara lain dapat berasal dari tidak meratanya pembangunan dan perkembangan antara wilayah dan daerah, yang akhirnya akan berimplikasi kepada tidak tercapainya pemerataan kesempatan dan perekonomian. Beberapa masalah yang dapat mendorong terjadinya percepatan degradasi lahan adalah :

- a. Ketimpangan pembangunan dan perekonomian antara kota besar dan daerah yang menyebabkan timbulnya berbagai masalah ikutan. Sudah menjadi hal yang umum terjadi, bahwa urbanisasi ke kota selalu terjadi di beberapa kota besar di Indonesia. Daerah-daerah pinggiran kota besar telah berkembang menjadi kawasan marginal karena selalu luput dari perhatian dan pusran kepentingan

pembangunan. Dalam bahasan yang lebih sederhana adalah selalu terjadi ketimpangan pembangunan dan pemerataan kesejahteraan antara kota dan desa. Sehingga sebagai akibatnya arus urbanisasi tidak mudah untuk dicegah. Urbanisasi menjadi masalah utama kota-kota besar, karena bukan saja menimbulkan masalah sosial, tetapi juga menimbulkan pelanggaran-pelanggaran pemanfaatan ruang. Sudah menjadi hal yang jamak terjadi di kota-kota besar, bahwa daerah sempadan sungai bahkan kawasan aliran sungai berkembang menjadi hunian. Peningkatan layanan publik sebagai akibat adanya pemekaran kota dan perkembangan berkehidupan masyarakat kota, membutuhkan peningkatan layanan infrastruktur kota yang berupa fasilitas pemerintahan, fasilitas publik termasuk di dalamnya adalah pemukiman. Kebutuhan tambahan lahan selalu saja mengorbankan lahan pertanian di kawasan pinggiran kota, sebagai alternatif jawabannya, dengan demikian fenomena pemekaran kota selalu diikuti oleh semakin besarnya alih fungsi lahan pertanian.

- b. Pulau Jawa selama ini menjadi pusat pengendalian Indonesia, sebenarnya memiliki potensi permasalahan yang sangat besar. Padahal luas pulau Jawa hanya 6,87% dari luas Indonesia, tetapi 60% penduduk Indonesia berada di pulau Jawa, sehingga dapat dibayangkan bagaimana tekanan manusia kepada lahan-lahan yang ada di Jawa. Ketimpangan pembangunan antara Jawa dan luar Jawa menjadi pemicu utama ketidakseimbangan penye-

baran penduduk di Indonesia. Oleh karena itu bisa dikatakan bahwa keberadaan lahan yang berada dalam ekosistem hutan telah berada dalam taraf yang paling mengkhawatirkan. Salah satu sisi taraf kekritisan lahan sebenarnya dapat dilihat dari pola penyebaran vegetasi atau jumlah tegakan pohon. Perubahan ekosistem hutan karena proses deforestasi akhirnya dapat menurunkan kualitas lahan dan meningkatkan ancaman kerusakan lahan. Dengan jumlah penduduk yang demikian padat, maka dapat dipastikan bahwa upaya-upaya merehabilitasi lahan di pulau Jawa banyak mendapatkan kendala, dan pelanggaran terhadap pola tata ruang yang diterapkan secara nasional maupun oleh pemerintah daerah tidak dapat berjalan dengan semestinya, karena dorongan kebutuhan lahan guna memberikan dukungan kehidupan penduduk di pulau Jawa.

- c. Semenjak era otonomi daerah diberlakukan, ada porsi kewenangan untuk menata dan mengelola daerah masing-masing, termasuk di dalamnya adalah pengelolaan sumberdaya alam. Produk perundangan dan peraturan yang secara nasional diberlakukan dapat mengalami reduksi isi dan makna pada saat proses penjabarannya ke dalam peraturan daerah (Perda). Bias yang terdapat dalam produk legalitas antara pemerintah pusat dan daerah dapat menciptakan permasalahan, misalnya dalam masalah tata ruang, baik nasional, wilayah maupun kabupaten seringkali mengakibatkan munculnya celah legalitas yang dapat dimanfaatkan untuk mengeksploitasi

sumberdaya alam secara serampangan di luar batas tanpa memperhatikan kaidah kelestarian, termasuk di dalamnya adalah sumberdaya lahan. Perbedaan cara pendekatan dan pemaknaan zonasi kawasan lindung dan kawasan budidaya biasanya akan diikuti oleh turunnya luasan hutan. Sedangkan di dalam kawasan budidaya sendiri, sering timbul masalah dalam menentukan desain tata ruang dan pembagian zona hutan produksi, perkebunan, pertanian, industri, pariwisata dan pemukiman. Salah satu motif pelanggaran ketentuan tata ruang adalah faktor ekonomi yang dalam hal ini adalah adanya upaya untuk segera mendapatkan keuntungan finansial guna meningkatkan pendapatan daerah. Dengan demikian akan selalu muncul konflik kepentingan terhadap rencana pemanfaatan lahan, terutama antara peruntukkan lahan untuk hutan produksi dan area perkebunan, antara area pertanian dan kawasan penambangan sumberdaya alam lain (mineral, logam, batubara dan bahan galian pasir, tanah, kerikil bahkan batu-batuan yang memiliki nilai ekonomi tinggi). Oleh karena itu, pendekatan dengan tujuan hasil yang bernilai ekonomi tinggi (walaupun dalam jangka pendek), biasanya akan menyisakan kerusakan lingkungan, terutama degradasi lahan, baik melalui erosi dan banjir. Kejadian seperti ini telah menjadi model yang muncul di berbagai daerah, dan seolah-olah membuktikan bahwa melalui pelaksanaan otonomi daerah, pemerintah pusat telah kehilangan

sebagian kewenangan dan kontrol terhadap pemerintah daerah.

- d. Degradasi lahan juga dapat berasal dari tidak adanya integrasi dan sinkronisasi program kerja antara beberapa kementerian seperti kehutanan, pertanian, pekerjaan umum. Sebagai akibatnya pemanfaatan lahan sering kali tidak sesuai dengan kemampuan lahan yang ada. Lahan yang sebenarnya hanya cocok untuk kawasan cagar alam atau lindung justru telah beralih fungsi menjadi lahan perkebunan atau pertanian. Lahan yang lebih cocok untuk pertanian justru lebih banyak digunakan sebagai kawasan pemukiman atau industri. Salah satu contoh praktek pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan adalah robohnya dua unit bangunan mega proyek Wisma Atlit di bukit Hambalang di kabupaten Bogor pada bulan Mei 2012. Penyebab amblesnya tanah di kawasan tersebut bukan saja diakibatkan oleh labilnya tanah, tetapi juga disebabkan oleh ketidakmampuan lahannya dalam menopang beban berat dari konstruksi yang ada.

Peran pemerintah dalam masalah kelestarian sumberdaya lahan pada dasarnya masih dapat dan mutlak ditingkatkan, mengingat dalam jangka panjang, lahan telah menjadi modal paling menentukan di dalam meneruskan kelangsungan berbangsa dan bernegara, apalagi jika dihubungkan dengan posisi strategis program ketahanan dan kemandirian pangan bagi bangsa kita yang telah mendekati jumlah 250 juta jiwa.

Walaupun dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2005-2025, tidak mengindikasikan adanya kepedulian pemerintah dalam masalah ini, tetapi paling tidak program Gerakan Rehabilitasi Lahan dan Hutan Nasional (GERHAN) dari kementerian Kehutanan dan program Pengembangan Usahatani Konservasi Lahan Terpadu (PUKLT) dari kementerian Pertanian yang telah dicanangkan dan dilaksanakan harus mendapatkan perhatian dari pemerintah daerah dan semua pihak yang berkompeten dan memahami posisi penting bagi pemenuhan kebutuhan pangan bangsa yang besar ini.

Program penanaman pohon secara nasional telah dimulai dengan surat keputusan Presiden Nomor 2004 Tahun 2008, pemerintah telah menetapkan tanggal 28 November diperingati sebagai Hari Menanam Pohon Indonesia (HMPI) dan Desember sebagai Bulan Menanam Nasional (BMN). Dalam peringatan HMPI tahun 2010, Presiden telah mengamanatkan untuk melakukan Gerakan Penanaman Satu Milyar Pohon. Peringatan Hari Menanam Pohon Indonesia (HMPI) tahun 2011 telah dilaksanakan pada hari Senin, 28 Nopember 2011 di Bukit Merah Putih, Santi Dharma *Indonesia Peace and Security Center* atau Pasukan Misi Pemeliharaan Perdamaian, Sentul, Citeureup, Bogor, Propinsi Jawa Barat. Keberhasilan program program tersebut telah memacu pemerintah untuk meluncurkan program Penanaman 1 Miliar Pohon tahun 2010 dengan motto "Satu Miliar Pohon Indonesia untuk Dunia" atau "*One Billion Indonesian Trees for the World*". Realisasi Program Penanaman 1 Miliar Pohon tahun 2010 tercapai 1,7 milyar pohon, atau setara

dengan 10.675.000 ton CO₂. Walaupun gerakan penanaman pohon lebih banyak dihubungkan dengan konsentrasi dan emisi gas buang terutama CO₂, tetapi paling tidak program penanaman pohon dapat menambah penutupan vegetasi di permukaan lahan dan secara langsung dapat berpengaruh terhadap penjagaan dan peningkatan kualitas lahan-lahan terdegradasi.

Pengembangan usahatani konservasi lahan terpadu (PUKLT) merupakan strategi penerapan usahatani di atas lahan yang terancam atau sedang mengalami proses kerusakan lahan. Salah satu contoh PUKLT adalah penerapan budidaya pertanian di kawasan lahan yang memiliki topografi berbukit dengan kemiringan di atas 30%. Usahatani yang dapat dijalankan dipengaruhi oleh tebal solum dan menentukan proporsi antara tanaman semusim dan tanaman tahunan. Dengan solum yang semakin dalam (di atas 50 sentimeter), lahannya akan semakin peka terhadap gaya-gaya erosi (memiliki erodibilitas lebih besar), maka pilihan yang dapat dilakukan adalah pemilihan teras bangku, budidaya lorong dengan proporsi tanaman semusim maksimal 25%. Sedangkan untuk solum tanah di bawah 50 sentimeter dapat diterapkan teras individu, teras gulud dan budidaya lorong dan pembuatan rorak di antara guludan untuk meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah.

Penerapan usahatani konservasi lahan terpadu pada prinsipnya ingin memberikan pengetahuan teknis kepada petani, agar petani dalam mengelola lahan-lahan yang memiliki kemiringan cukup besar dapat menerapkan pola pertanian yang adaptif, protektif, produktif dan berkelanjutan. Ketrampilan

teknis yang diharapkan dapat diadopsi kelompok tani adalah tata cara penentuan proporsi tanaman semusim dan tanaman tahunan berdasarkan posisi kemiringan lahan dan penetapan bentuk teras yang diterapkan berdasarkan kedalaman solum tanah. Dengan demikian program pengembangan usahatani konservasi lahan terpadu dapat menempatkan petani sebagai ujung tombak pelestari lingkungan dan subyek dalam pelaksanaan pola pertanian yang berkelanjutan.

BAB III

MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

Proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman membutuhkan dua faktor pendukung utama, yaitu kondisi agroklimat dan daya dukung lahan. Kondisi agroklimat banyak berperan didalam memberikan daya dukung iklim seperti panjang dan intensitas matahari, temperatur, kelembaban udara, perilaku angin dan sebaran curah hujan. Sementara faktor pendukung lahan secara prinsip dapat memberikan sumbangan pada peran tanah sebagai lumbung lengas dan hara (*moisture and nutrient resources*).

Dalam satuan pemanfaatan lahan (kawasan), kondisi agroklimat lebih banyak menentukan kecocokan dan kesesuaian iklim terhadap persyaratan lingkungan yang dibutuhkan tanaman. Oleh karena itu, pemahaman lebih lanjut tentang hubungan tanaman dengan persyaratan iklim yang dibutuhkan, diwujudkan dengan menciptakan golongan kesesuaian iklim terhadap tanaman (*agro-climate zone*). Sedangkan pembahasan hubungan antara tanaman dan daya dukung setempat (tanah), barangkali hanya sebatas kepada urusan bagaimana mengupayakan suatu tanaman agar dapat tumbuh dan memberikan produksi maksimal. Dalam skala yang lebih besar, upaya semacam ini tentulah kurang memadai, oleh karena itu pembicaraan orang bukan lagi sebatas pada situasi di tempat tanaman itu berada (dikaji lebih lanjut dengan sebutan kemampuan tanah), tetapi sudah menyangkut sebuah pola pemanfaatan luasan hamparan tanah tertentu di suatu kawasan lingkungan tertentu. Satuan

kawasan ini bisa berdasarkan pada zona agroklimat sejenis, atau satuan geomorfologis (ukuran-ukuran atau kenampakan-kenampakan satuan penyusun lahan, atau kenampakan di permukaan bumi). Urusan kajian dengan luasan lahan tertentu ini akan menghasilkan suatu informasi yang disebut dengan kemampuan lahan (*land capability*), atau jika ingin diungkapkan lebih lengkap, kemampuan lahan adalah ukuran kecocokan suatu lahan untuk kegiatan penduduk yang bertumpu pada sektor pertanian. Serta dalam bentuk praktisnya, kajian tersebut di atas akhirnya akan memunculkan suatu klas kesesuaian lahan (*land suitability*) bagi pengusahaan suatu bentang lahan untuk jenis komoditi pertanian tertentu.

Pengertian lain tentang lahan pertanian adalah bagian dari daratan yang dimanfaatkan dalam kegiatan pertanian atau sebidang tanah yang dimanfaatkan dalam kegiatan budidaya pertanian. Berdasarkan jumlah air yang ada, lahan budidaya digolongkan menjadi lahan basah (*wetland*) dan lahan kering (*dryland*). Pada pengertian umum, lahan basah selalu berada dalam kondisi kelebihan sumber air bahkan tergenang, dan karena sumber air lebih banyak terdapat di daerah bawah, maka lahan basah juga sering disetarakan dengan lahan bawahan (*lowland*). Lahan basah sering digambarkan sebagai suatu lahan yang selalu jenuh air, atau kondisi lahan yang basah/tergenang sepanjang tahun. Sementara lahan kering digambarkan dengan lahan yang memiliki keterbatasan air sepanjang tahun dan tidak pernah dalam kondisi tergenang. Keterbatasan dalam penyediaan air selalu dihubungkan dengan daerah tinggi yang memiliki kemiringan, sehingga tempat tersebut selalu ditinggalkan air, oleh

karena itu lahan kering juga sering disetarakan dengan lahan atasan (*upland*). Dalam skala laboratoris, keterbatasan air berarti kandungan lengas tanah selalu berada di bawah kapasitas lapangan. Jika dilihat dari skala yang lebih makro, lahan kering merupakan lahan yang tidak mendapatkan curah hujan cukup yang dapat memenuhi kebutuhan tanaman untuk proses fisiologis dan mengimbangi laju transpirasi, sehingga pada umumnya, secara visual tanaman mengalami kelayuan.

Berdasarkan produktifitasnya dan ada tidaknya faktor pembatas, lahan pertanian dibagi menjadi lahan produktif (*productive land*) dan lahan tidak produktif/lahan marginal (*marginal land*). Lahan produktif meliputi lahan yang siap menjadi sumberdaya pertanian untuk dibudidayakan secara menguntungkan. Lahan semacam ini memiliki kesuburan aktual (siap pakai) dengan sedikit atau tanpa faktor pembatas. Kesuburan aktual artinya mempunyai daya dukung lahan yang memadai dari sisi kesuburan kimia, fisik dan biologi). Sedangkan lahan marginal adalah lahan yang memiliki beberapa faktor pembatas yang harus diatasi terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan. Lahan semacam ini memiliki kesuburan potensial. Lahan marginal juga diartikan sebagai lahan yang dalam pemanfaatannya mensyaratkan adanya tingkat pengelolaan yang tidak lazim, artinya bahwa pemanfaatan lahan ini lebih banyak membutuhkan masukan (*input*) yang lebih tinggi biayanya. Dalam pengertian lahan marginal, muncul pula istilah lahan kritis. Lahan kritis ini lebih banyak dihubungkan dengan kerusakan fungsi lahan dalam satuan ekosistem atau keterputusan lahan tersebut dari sistem ekologis pendukungnya. Sementara itu, lahan tandus lebih

banyak dihubungkan dengan kenampakan visual tentang sedikitnya atau merananya pertumbuhan vegetasi di tempat tersebut yang dihubungkan dengan kondisi kering tanah permukaan, kondisi yang berkebalikan tentunya adalah lahan subur yang dihubungkan dengan suburnya pertumbuhan ragawi tanaman (vegetasi) dan warna hijau daun yang diperlihatkan.

Sifat - sifat kemarginalan suatu lahan yang muncul tidak dapat dilepaskan dari beberapa komponen pembentuk lahan tersebut. Beberapa komponen pembentuk lahan lebih dititikberatkan pada komponen - komponen pembentuk tanah yaitu iklim, bahan induk, organisme/vegetasi, timbulan dan waktu. Lahan marginal dapat muncul akibat adanya interaksi ke lima faktor pembentuk tanah tersebut. Faktor pembentuk tanah dapat memberikan pengaruh nyata kepada tanah hasil proses pembentukan tanah. Dalam proses selanjutnya yaitu proses perkembangan tanah yang nantinya akan memunculkan karakteristik tanah yang dapat dicandra lewat penetapan dan pengukuran sifat - sifat tanah, iklim dan bahan induk memiliki andil yang besar. Adakalanya dengan bahan induk yang sama, lantaran usikan iklim dapat memunculkan beberapa jenis tanah dengan sifat - sifat yang berbeda. Dengan adanya iklim terutama sebaran curah hujan yang diberikannya, dapat memunculkan keanekaan jenis dan pola pertumbuhan vegetasi. Sementara vegetasi diketahui dapat mempengaruhi terciptanya iklim mikro serta memberikan sumbangan sumber bahan organik yang secara nyata juga berpengaruh kepada karakteristik lahan. Curah hujan yang terjadi di daerah bawahan dengan pola drainase alam jelek, sering pula memunculkan genangan - genangan yang akhirnya

dapat menciptakan jenis lahan yang sama sekali berbeda dengan kawasan yang letaknya lebih tinggi. Sedangkan pada kasus - kasus lain, kemarginalan lahan dapat pula muncul akibat adanya proses proses ikutan setelah suatu lahan terbentuk di suatu tempat, misalnya kerusakan ekosistem hutan (beserta akibat langsungnya seperti berubahnya kondisi agroklimat, banjir, serta erosi, yang menyebabkan hilangnya lapis subur tanah atas, dan penimbunan lahan bawahan). Proses-proses ini secara umum mengakibatkan hilangnya fungsi tanah sebagai lumbung lengas dan hara.

A. Lahan Kering

1. Pemahaman

Istilah lahan kering di Indonesia belum disepakati sebagai pewakil lahan - lahan yang kekurangan air atau lahan yang menggantungkan sumber airnya dari curah hujan. Padanan lahan kering adalah *dryland* atau *unirrigated land*. Jika dihubungkan dengan sifat-sifat air yang selalu menuju ke tempat yang lebih rendah, maka lahan kering biasanya berada di tempat yang lebih tinggi dan jarang terjadi kondisi genangan, oleh karena itu lahan kering sering disamakan dengan lahan atasan (*upland*) yang merupakan lawan kata dari lahan bawahan (*lowland*) yang lebih mudah tergenang. Secara umum lahan kering dapat berupa hamparan tanah yang telah berumur tua (misal di luar Jawa, lahan kering didominasi oleh tanah Podsolik Merah Kuning), ataupun tanah yang berumur lebih muda. Potret permasalahan lahan kering adalah evaporasi total (baik penguapan langsung dari permukaan bumi dan transpirasi) dari dalam tanah tidak dapat diimbangi oleh jumlah curah hujan yang datang atau dalam

skala lebih mikro tidak dapat diimbangi oleh proses serapan air. Dari sudut edafologi, lahan kering adalah suasana kelengasan di dalam zona akar, yang kandungan lengas tanahnya selalu dibawah kandungan lengas tanah kapasitas lapangan (*field capacity of soil moisture*). Arti lebih dalam dari kapasitas lapangan adalah pori - pori makro tanah diisi udara dan pori - pori mikro tanah diisi air. Jika kadar lengas selalu berada di bawah kapasitas lapangan, maka telah ada sebagian pori mikro yang ditinggalkan air (diisi udara) dan seluruh pori makro diisi udara, maka kandungan air dalam tanah tersebut tidak dapat memenuhi seluruh kebutuhan air bagi tanaman untuk melangsungkan daur hidupnya. Dengan demikian lahan kering tidak selalu berada di kawasan dataran tinggi, tetapi lebih dititikberatkan kandungan air yang berada dalam zona akar yang dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

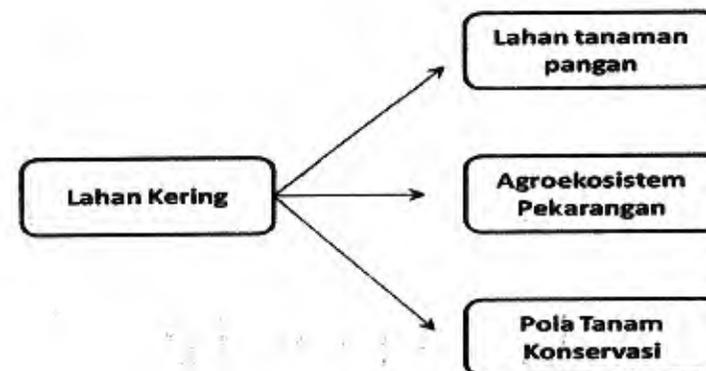
Lahan kering yang berada di tempat yang lebih tinggi dengan kelas topografi bergelombang-berbukit, pada umumnya memiliki keterbatasan dalam jumlah dan kualitas air. Di beberapa bagian lahannya memiliki kemiringan yang kemudian akan diikuti oleh kerentanan terhadap erosi yang dapat mendangkalkan solum tanah. Solum tanah yang dangkal ini disamping dapat memunculkan pengaruh langsung sifat - sifat bahan induknya juga menurunkan kemampuan tanahnya untuk berfungsi sebagai lumbung air dan hara.

Menurut Abdurachman, dkk. (2008) lahan kering merupakan salah satu agroekosistem yang mempunyai potensi besar untuk usaha pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura (sayuran dan buah-buahan) maupun tanaman tahunan dan

peternakan. Tidak semua lahan kering sesuai untuk pertanian, terutama adanya faktor pembatas tanah seperti lereng yang sangat curam atau solum tanah dangkal dan berbatu, atau termasuk kawasan hutan. Dari total luas lahan kering sebesar 148 juta hektar, lahan kering yang sesuai budidaya pertanian hanya sekitar 76,22 juta hektar, sebagian besar terdapat di dataran rendah seluas 70,71 juta hektar, dan sisanya berada di dataran tinggi. Di dataran rendah, lahan dengan topografi datar sampai bergelombang (lereng <15%) yang sesuai untuk pertanian tanaman pangan mencakup 23,26 juta hektar. Lahan dengan lereng 15-30% lebih sesuai untuk tanaman tahunan sebesar 47,45 juta hektar. Di dataran tinggi, lahan yang sesuai untuk tanaman pangan hanya sekitar 2,07 juta hektar dan untuk tanaman tahunan seluas 3,44 juta hektar (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, 2001).

2. Konsep pemanfaatan lahan kering.

Konsep pemanfaatan lahan kering dapat dilaksanakan dengan memberikan masukan yang berguna untuk mengurangi pengaruh faktor pembatas yang dimilikinya. Dikarenakan lahan kering pada umumnya rentan terhadap erosi, model atau arah pengelolaan lahannya adalah pola pertanian konservasi dan model pertanaman yang spesifik sebagaimana skema di dalam gambar 23.



Gambar 23. Skema pengelolaan lahan kering.

Pada umumnya pola pertanian lahan kering yang produktif dapat meliputi beberapa prinsip di bawah ini :

- a. Pembuatan guludan dan teras untuk mengurangi kemiringan dan erosi.
- b. Pengolahan tanah dan bertanam menurut garis kontur.
- c. Pemanfaatan sisa tanaman untuk mulsa dan pupuk organik.
- d. Pengolahan tanah minimum atau tanpa olah.
- e. Penerapan pola tanam campur atau pertanaman dalam lorong (*alley cropping*).
- f. Penggunaan jenis dan varietas tanaman yang bersifat adaptif (mudah beradaptasi dengan kondisi lingkungan) dan protektif (bersifat melindungi sumberdaya lahan, misal penggunaan tanaman penghijauan. Di samping dapat

mengurangi erosi, daun - daunnya dapat menyuburkan tanah).

-Pembuatan guludan dan teras.

Pembuatan teras merupakan teknik konservasi mekanik yang diterapkan berdasarkan kondisi kemiringan lahan. Pola konservasi teknik ini mengenal istilah 'guludan' yaitu suatu gundukan tanah dengan ketinggian tertentu dan dibuat mengikuti garis kontur, serta pembuatan 'teras' atau 'undakan', yaitu suatu upaya secara mekanis dengan memotong lereng dengan maksud mengurangi kemiringan.

Lahan dengan kemiringan kurang dari 5% dapat diterapkan model guludan yang diperkuat dengan penanaman berbagai jenis rumput pakan ternak, dan dalam jarak yang agak lebar dapat ditanami dengan tanaman penguat seperti lamtoro, turi atau sengon laut. Guludan mempunyai fungsi antara lain :

- memperpendek lereng.
- Mengurangi terjadinya erosi permukaan dan alur.
- Mencegah terbentuknya erosi parit.
- Memperbesar laju infiltrasi air ke dalam tanah.

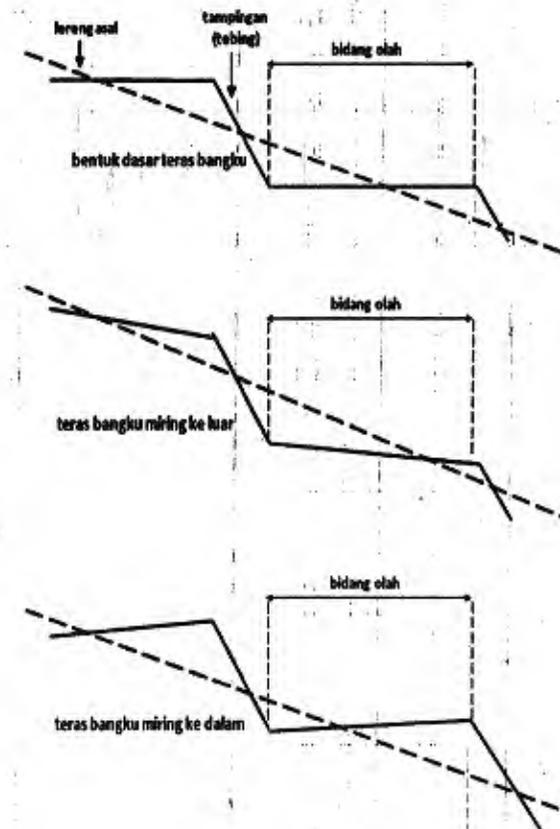
Teras terdiri dari beberapa macam, seperti teras irigasi, teras bangku datar, teras bangku miring ke dalam dan teras bangku miring ke luar. Pemilihan jenis teras bergantung dari situasi lahannya.

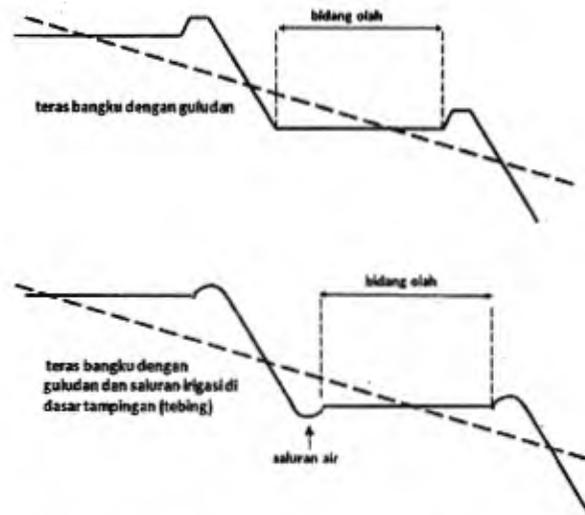
Teras bangku dapat diterapkan di atas lahan yang mempunyai kemiringan 10-30%, bersolum dangkal. Pada beberapa bagian lahan yang kemiringannya mendekati 40%

sebaiknya menggunakan teras bangku miring ke dalam dan kalau perlu dilengkapi dengan saluran pembuang (teras irigasi). Secara umum teras bangku ini mempunyai fungsi :

- memperlambat aliran permukaan.
- menampung dan menyalurkan aliran limpas (*run off*), sehingga sehingga mengalir dengan kekuatan yang tidak merusak.
- meningkatkan laju infiltrasi air ke dalam tanah.

Secara skematis, berbagai bentuk teknik konservasi mekanik disajikan dalam gambar 24 dan 25

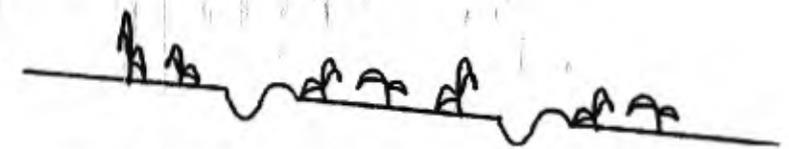




Gambar 25. Skema terasering dengan guludan dan saluran air

Dasar pertimbangan pemilihan jenis teras adalah kondisi tanah, kemiringan lahan dan peluang intensitas hujan. Skema teras yang ditampilkan dalam gambar tersebut diperuntukkan bagi lahan yang memiliki kemiringan di atas 15%, sedangkan bentuk teras yang dilengkapi dengan guludan dan saluran irigasi di dasar tebing dapat dipertimbangkan diterapkan di lahan yang memiliki kemiringan lebih dari 30%, tanah tidak stabil (berumur tua) dan kawasan lahan kering yang memiliki lebih dari 3 bulan basah dalam setahunnya.

Sedangkan lahan dengan kemiringan kurang dari 15%, pengurangan erosi akibat aliran limpas permukaan dapat menerapkan guludan sebagaimana gambar 26.

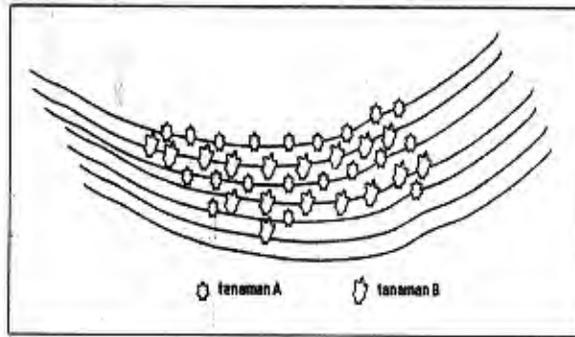


Gambar 26. Penerapan guludan di lahan dengan kemiringan <15%

-Pengolahan tanah dan bertanam menurut garis kontur.

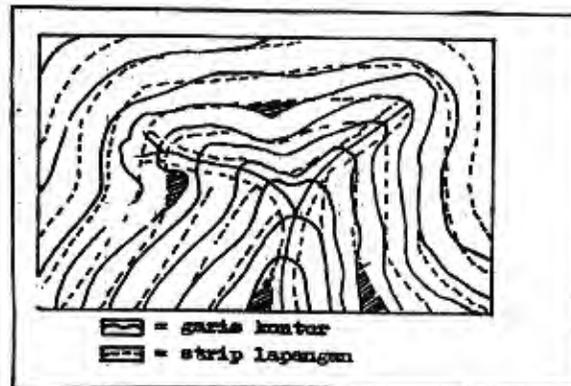
Pengolahan tanah dimaksudkan agar kondisi fisik tanah menjadi lebih baik, remah dan berpenghawaan (aerasi) baik. Kondisi tanah menjadi lebih baik, dari segi sifat tanah adalah mengusahakan agar tanah memiliki keremahan yang dapat memperbaiki suasana keporian, sehingga tanah dapat menyimpan air (dalam pori mikro) serta udara (dalam pori makro). Dalam suasana keremahan, akar dapat lebih efektif dalam berkembang dan mencari sumber air dan hara.

Pada lahan dengan kemiringan cukup, pengolahan tanah dilaksanakan searah garis kontur (memotong arah kemiringan lahan). Hal ini dimaksudkan agar alur bekas pengolahan tanah dapat mengurangi kecepatan laju gerakan air ke bawah. Untuk selanjutnya penanaman juga diatur sedemikian rupa agar tanaman dapat pula berfungsi sebagai tanggul yang dapat mengurangi kecepatan gerakan air. Antara satu baris tanaman dengan baris tanaman yang lain dibuat saling menutupi dan diupayakan tidak membentuk lorong tanaman ke arah bawah, sebagaimana gambar 27.



Gambar 27. Penanaman dua jenis tanaman sesuai garis kontur

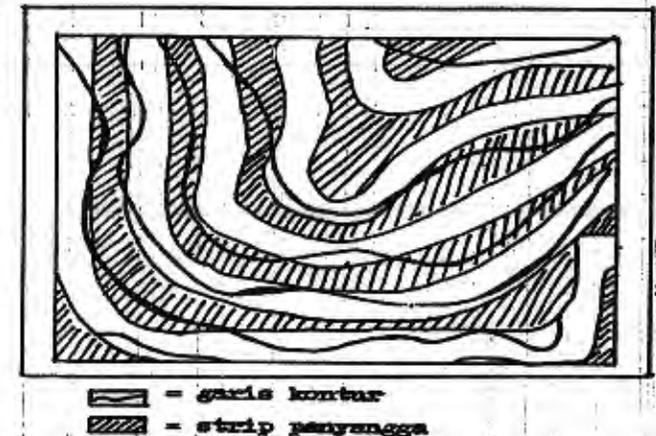
Untuk lahan yang memiliki garis kontur agak rumit atau arah kemiringan yang tidak beraturan, maka tanaman diletakkan dalam strip lapangan (baris tanaman tidak harus sejajar benar dengan garis kontur, tetapi pada kemiringan yang cukup curam, baris tanaman dapat saja menerjang garis kontur sebagaimana gambar 28.



— = garis kontur
- - - = strip lapangan

Gambar 28. Penanaman dalam strip kontur

Sedangkan lahan dengan banyak bagian yang memiliki kemiringan cukup besar dan sangat terjal, dapat dilaksanakan penanaman dalam strip. Strip penyangga adalah cara penanaman dengan memenuhi seluruh areal luasan lahan. Jadi tanaman tidak ditanam dalam barisan tetapi ditanam sangat rapat hingga memenuhi seluruh permukaan tanah yang ada. Penanaman dalam strip penyangga ini dapat menggunakan tanaman tahunan yang adaptif terhadap lingkungan setempat, serta kadangkala dilengkapi dengan penanaman rumput/tanaman penutup tanah atau *cover crop*. Gambar skematis penggunaan strip lapangan adalah sebagaimana gambar 29.



— = garis kontur
▨ = strip penyangga

Gambar 29. Penanaman tanaman dalam strip penyangga.

Bertanam menurut garis kontur ini sebenarnya merupakan penerapan model pengawetan tanah dengan empat pendekatan :

- memperbaiki dan menjaga keadaan tanah agar tahan terhadap gaya pengangkutan oleh air limpasan.
- menutup tanah dengan vegetasi ataupun sisa-sisanya agar terlindung dari gaya perusak titik hujan.
- mengatur aliran permukaan tanah (air limpasan) sehingga mengalir dengan kekuatan yang tidak merusak.
- Pemanfaatan sisa tanaman untuk mulsa dan pupuk organik

Pada prinsipnya pemanfaatan sisa tanaman untuk mulsa dan sumber pupuk organik memiliki beberapa keuntungan, antara lain a) sebagai mulsa, pemanfaatan sisa - sisa tanaman dapat mengurangi pengaruh pukulan langsung titik hujan, dan mengurangi proses evaporasi air dari permukaan tanah, b) sebagai sumber pupuk organik, sisa - sisa tanaman dapat berfungsi sebagai sumber bahan organik tanah guna memperbaiki kualitas agregat tanah, serta menambah beberapa unsur hara penting (nitrogen, fosfor dan sulfur).

-Pengolahan tanah minimum atau tanpa olah.

Pengolahan tanah yang terlalu intensif malah dapat merusak agregat tanah. Jika dengan pengolahan tanah agregat dapat pecah, maka ini artinya membuat tanah semakin rentan terhadap erosi. Oleh karena itu dianjurkan mengolah tanah seperlunya saja. Pengolahan dilaksanakan menjelang musim hujan dan hanya sebatas lubang tanam (biasanya sedalam jeluk akar). Pengolah minimum yang bersifat terbatas ini dimaksudkan

agar tidak merusak struktur tanah yang akan meningkatkan erodibilitas tanahnya, bahkan pada beberapa bagian lahan yang memiliki kelerengan cukup terjal, lebih dianjurkan tanpa mengolah tanah, artinya jika akan dilaksanakan penanaman benih yang berupa biji-bijian cukup dibuat lubang seukuran biji tersebut (dengan cara ditugal), jika bakal tanaman berupa bibit, maka cukup dibuat lubang sedalam dan selebar jeluk akar bibit tanaman tersebut.

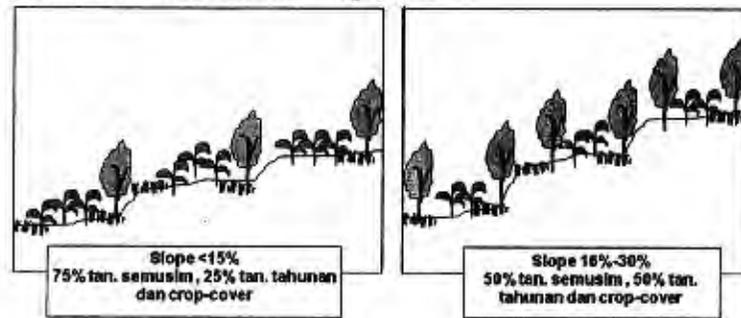
-Penerapan pola tanam campur/pertanaman lorong.

Dalam sistem pertanaman lorong ini, tanaman diletakkan pada barisan yang memotong kelerengan dengan jarak antar baris berkisar 4 - 6 meter. Salah satu tujuan pertanaman lorong ini adalah membentuk teras secara alami. Penggunaan tanaman dari keluarga Leguminosae yang mempunyai perakaran lebat dan pertumbuhan vegetatif yang baik dan cepat serta cenderung tahan terhadap kekeringan sangatlah dianjurkan.

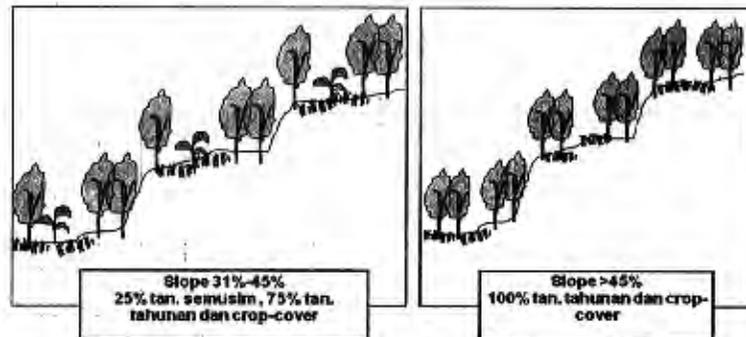
Guguran daunnya akan membentuk longgokan (sedimentasi) yang berfungsi sebagai tanggul alam di sekitar batang tanaman dan dapat menahan partikel - partikel tanah yang terbawa aliran limpas. Longgokan partikel - partikel tanah ini dalam beberapa musim akan membentuk bidang olah yang menyerupai teras dengan tanaman leguminosae sebagai penguat tampingannya (tanggul). Dengan cara seperti ini diharapkan dapat mengurangi biaya pembuatan teras secara mekanis.

Berdasarkan kemiringannya, pertanian lorong memiliki beberapa konfigurasi tanaman, yang terdiri dari distribusi

penanaman tanaman tahunan dan semusim (pangan) sebagaimana disajikan dalam gambar 30.



Gambar 30.a. Model pertanian lorong pada lahan dengan kemiringan <30%.



Gambar 30.b. Model pertanian lorong pada lahan dengan kemiringan >30%

-Penggunaan jenis dan varietas tanaman yang adaptif dan protektif.

Pemakaian tanaman yang toleran berarti menggunakan tanaman yang adaptif, mampu menyesuaikan dengan kondisi lingkungan lahan kering pada umumnya, terutama kondisi kekeringan, kemasaman dan keracunan Aluminium. Bersifat

protektif, artinya tanaman tersebut harus mampu melindungi tanah dari kemungkinan tingkat erosi yang tinggi.

Kondisi permukaan bumi (geomorfologi) tidaklah sama, beberapa bagian daratannya memiliki fisiografi (kenampakan fisik) berombak sampai bergelombang yang biasanya terletak di dataran tinggi. Fisiografi semacam ini adalah tipikal dari lahan kering. Kawasan pertama adalah kompleks pegunungan karst yang berumur Pleiosin. Pegunungan semacam ini merupakan sisa sisa Plato Karst tua yang telah mengalami pengangkatan (karena adanya penyusutan tinggi permukaan laut), dan sering dicirikan oleh adanya sebaran kubah kapur (*karst dome*) dan kadangkala terdapat sungai bawah tanah (*sub-surface river*). Kawasan kedua adalah kompleks perbukitan yang diisi oleh endapan material vulkanik tuffa serta batuan tuffa yaitu endapan tuffa yang telah mengalami proses litifikasi.

Kedua kawasan tersebut bersifat khas, karena dengan kondisi topografi dan fisiografinya, memungkinkan terjadinya erosi intensif yang menyebabkan di beberapa bagian lahannya sering terjadi pendangkalan solun tanah dan tersingkapnya bahan induk tanah. Sedangkan bagian lahan yang berada di daerah cekungan, dapat terjadi akumulasi bahan organik dan sedimentasi tanah lempungan dari lahan di atasnya.

Kebijakan pengelolaan lahan - lahan semacam ini haruslah memperhatikan kondisi setempat secara lebih detail dan kadangkala dalam kawasan yang tidak begitu luas dapat diterapkan beberapa model pengelolaan lahan. Jika di beberapa bagian lahan masih menampakkan pengaruh kuat sifat - sifat bahan induknya, atau bahkan terdapat singkapan bahan induk,

maka perlu dilaksanakan tindakan reklamasi lahan (suatu upaya menjadikan lahan memiliki fungsi sebagai gudang air dan hara). Jika di beberapa bagian lahannya telah terbentuk tanah dengan ketebalan tertentu (biasanya terbentuk tanah berlempung, maka di bagian lahan yang memiliki kemiringan cukup terjal dapat diterapkan praktek konservasi lahan (misal penghutanan) dan atau pertanaman lahan kering, jika terletak di bagian lahan yang memiliki kemiringan di bawah 15% sampai datar dapat diterapkan pola pertanaman pekarangan yang lebih bersifat ekologis (*ecofarming*).

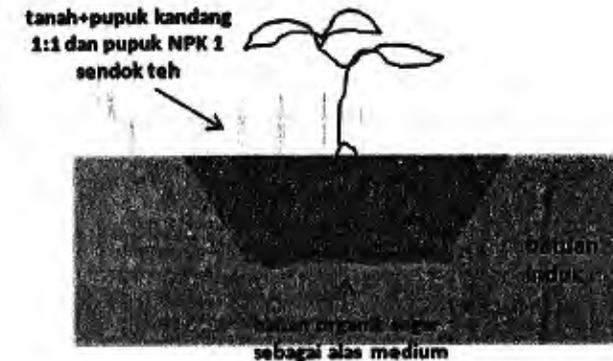
Beberapa pilihan pengelolaan lahan dengan fisiografis khas ini dapat diskemakan dalam gambar 31.



Gambar 31. Beberapa alternatif pengelolaan lahan fisiografi khas.

3. Reklamasi singkapan bahan induk di kompleks karst

Pada beberapa bagian lahan yang memiliki kelerengan cukup besar, tanahnya bersolum dangkal dan bahkan ada kemungkinan bahan induknya tersingkap, oleh karena itu diperlukan upaya reklamasi lahan untuk mempercepat proses pembentukan tanah. Penanaman tanaman leguminosae sebagai tanaman starter dapat dilakukan dengan menanamkan pada medium tumbuh yang merupakan campuran dari tanah dan pupuk kandang. Tanaman starter diatur sedemikian rupa sesuai dengan gambar 32.



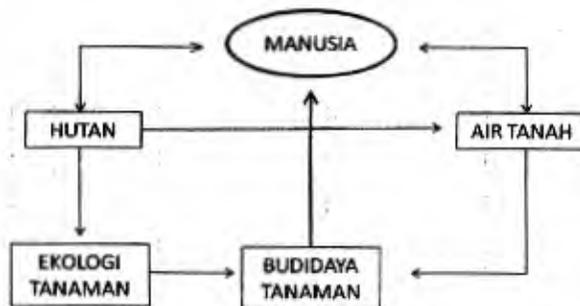
Gambar 32. Metode sederhana reklamasi lahan berkapur

Medium tanam dialasi bahan organik segar dengan maksud jika bahan organik tersebut terdekomposisi, maka asam organik yang dibebaskan dapat menetralkan sifat-sifat bahan induk yang umumnya mempunyai pH tinggi. Tanaman Leguminosae merupakan jenis tanaman yang paling mudah beradaptasi dengan lingkungan dengan tipe perakaran menyebar

serta pertumbuhan vegetatif yang relatif cepat. Setelah tanaman berumur kira - kira satu bulan dapat ditambahkan ke dalam medium tanam sebanyak 1 sendok teh pupuk NPK. Penanaman sebaiknya dilaksanakan menjelang musim hujan, agar kondisi kelengasannya dapat terjaga. Dengan model reklamasi semacam ini diharapkan ekosistem yang terbentuk dapat memacu proses pembentukan tanah di tempat tersebut.

4. Pola tanam konservasi.

Pola tanam konservasi melibatkan dua pekerjaan besar yaitu pelestarian lahan lewat upaya penghutanan dan penerapan pola pertanian lahan kering. Penghutanan dilaksanakan dengan arah untuk menciptakan konsep ekologi tanaman yang terkait dalam matarantai ekosistem hutan yang melibatkan hubungan saling tindak antara manusia-hutan-air yang digambarkan sebagaimana gambar 33.



Gambar 33. Interaksi manusia hutan dan air.

Proses pelestarian hutan ataupun upaya penghutanan kembali lahan - lahan di sekitar pemukiman petani lahan kering, mempunyai keuntungan ganda, pertama hutan dapat

memperbaiki daur air, sehingga dapat meningkatkan cadangan air tanah bagi pendukung kehidupan petani dan pemanfaatan lahan di bawahnya. Hutan juga dapat menciptakan iklim mikro yang menguntungkan bagi tanaman budidaya.

Pemanfaatan lahan dengan kultur pengelolaan lahan kering, didasarkan pada dua pilihan. Pertama, memanfaatkan lahan pada beberapa bagian lahan yang memiliki kemiringan cukup besar, sesuai kaidah - kaidah pengelolaan lahan kering, serta kedua adalah penerapan pola pertanaman pekarangan. Strategi pemanfaatan tegal pekarangan mempunyai dua pendekatan yaitu 1) sebagai penghasil bahan konsumsi (makanan tambahan selain beras), tanaman bumbu, obat dan gizi hewani dan 2) sebagai sumber penghasilan tambahan keluarga petani (barang kerajinan dari hasil/limbah pekarangan). Konsep pertanian pekarangan ini juga sering disebut cara bertani selaras alam (*ecofarming*) yang secara harmonis menghubungkan beberapa komponen dalam model dalam gambar 34.



Gambar 34. Siklus dalam agroekosistem pekarangan

Di dalam konsep pekarangan ini diupayakan sedikit mungkin sumber energi yang keluar dari sistem tersebut. Sistem ini menempatkan manusia sebagai pengendali utama yang menjadi bagian pengambil manfaat terbesar. Manusia dapat mengambil manfaat baik dari tanaman, ikan air tawar dan dari ternak/unggas. Di samping itu, manusia dapat memberikan limbahnya ke dalam kolam ikan. Antara tanaman dan kolam ikan dapat saling memberikan keuntungan, tanaman dapat memberikan sebagian hasilnya untuk pakan ikan (biji jagung, ketela dsb), sementara itu, hasil kurasan kolam dapat digunakan sebagai bahan pupuk tanaman. Antara tanaman dan ternak/unggas juga dapat saling memberi, tanaman memberikan hasilnya berupa biji - bijian kepada unggas, serta bagian morfologi tanaman untuk ternak. Limbah kandang ternak dapat menjadi sumber pupuk kandang. Untuk beberapa jenis unggas tertentu (misal ayam), kandangnya dapat dibangun di atas permukaan kolam, dan dengan sendirinya limbahnya menjadi pakan ikan.

Di dalam agroekosistem pekarangan berlangsung daur energi dan hara. Proses fotosintesis yang merupakan pintu masuk energi matahari ke dalam bumi merupakan proses dasar keberlangsungan sistem tersebut. Fotosintesis merupakan proses yang mengubah energi foton (fotoelektron) dari matahari menjadi energi kimia (ADP dan ATP) juga menjadi energi biologi (karbohidrat, glukosa, lemak dan lainnya) yang berlangsung dalam proses metabolisme tanaman. Sedangkan daur hara juga terjadi melalui mekanisme saling menguntungkan antara tanaman, unggas/ternak dan organisme air tawar. Dalam hal ini

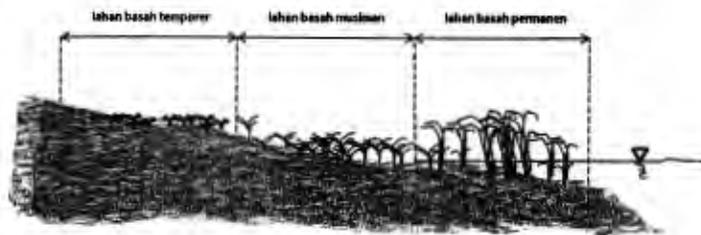
manusia merupakan pihak penerima manfaat dan menjadi kunci sistem yang terjadi di dalam pekarangannya.

Jika dalam sistem ini, kebutuhan pangan petani telah dapat dicukupi, barulah sebagian produknya dapat dikirim keluar sistem. Dengan pelatihan ketrampilan khusus, sebetulnya petani juga masih dapat memperoleh pendapatan tambahan lewat penciptaan kerajinan tangan dengan bahan baku dari pekarangannya.

B. Lahan basah.

1. Pemahaman

Dalam pendekatan siklus air, lahan basah merupakan lahan yang sepanjang tahun tergenang atau tanahnya mengalami kejenuhan air. Dalam pendekatan edafologi, lahan basah adalah lahan dengan kandungan air lebih besar dibanding kandungan lengas kapasitas lapangan (*field capacity*) atau cenderung mengalami penjenuhan oleh air sepanjang tahun dan bahkan tergenang air dangkal. Dalam pendekatan di lapangan, lahan basah dapat menyerupai hamparan lahan yang memiliki kedalaman air tanah dangkal dan bahkan berada dalam jeluk efektif (*effective depth*) perakaran sehingga membatasi pertumbuhan dan perkembangan akar, tetapi jika dilihat dari sudut ada tidaknya genangan air di permukaan tanah, lahan basah dapat dibagi menjadi lahan basah permanen, lahan basah musiman dan lahan basah temporer (sementara) sebagaimana ragaan dalam gambar 35.



Gambar 35. Zonasi lahan basah di kawasan pasang surut air.

Batas antar zona lahan basah tidak tegas, karena dipengaruhi goyangan pasang surut air. Zona lahan basah permanen suasananya selalu an-aerob, sehingga tanahnya berwarna keputihan (keabuan), sedangkan zona lahan basah musiman, tanahnya berwarna coklat keputihan (keabuan) memiliki keteraturan pergantian suasana aerob dalam masa surut dan suasana an-aerob dalam masa pasang selama beberapa bulan. Sedangkan zona lahan basah temporer (sementara), selalu terjadi pergantian suasana aerob dan an-aerob yang bergantung kepada masa pasang dan surut air, sehingga suasana oksidasi-reduksi bergantian dalam waktu yang tidak lama, dan ini mengakibatkan tanahnya berwarna abu-abu sampai kecoklatan karena peristiwa oksidasi. Salah satu ciri lain dari lahan basah ini adalah pada saat musim basah, muncul genangan air di atas permukaan tanahnya, sedangkan pada musim kering, tinggi permukaan air tanah berada pada kedalaman 50 cm. dari permukaan tanah.

Pada umumnya lahan basah berada dalam suatu cekungan di muka bumi yang di tempat tersebut telah berkembang suatu jenis tanah. Penjenuhan air dapat terjadi karena sistem cekungan yang cenderung mengumpulkan air, baik

yang berasal dari air hujan, luapan sungai dan gerakan pasang air laut. Lahan basah sering juga disebut sebagai lahan rawa yang memiliki sifat bervariasi tergantung kepada jenis bahan induk tanah dan air yang mengisi cekungan. Menurut Balai Besar Pengembangan dan Penelitian Sumberdaya Lahan Pertanian, Departemen Pertanian (2006) lahan rawa adalah lahan yang sepanjang tahun atau selama waktu yang panjang dalam setahun selalu jenuh air atau tergenang air dangkal. Menurut Wibowo dan Suyatno, 1997 dalam Subagyo (2006) lahan rawa merupakan lahan basah (*wetland*) yang menurut definisi *Ramsar Convention* mencakup wilayah *marsh*, *fen*, *peatland* (lahan gambut) atau air baik terbentuk secara alami atau buatan, dengan air tidak bergerak (*static*) atau mengalir, baik air tawar, payau maupun air asin, termasuk juga wilayah laut yang kedalamannya, pada keadaan surut terdekat tidak melebihi jarak enam meter.

Michigan United Conservation Clubs (2012) menyatakan bahwa lahan basah menyediakan habitat bagi ribuan spesies ikan, serangga, hewan amphibi, reptile, burung dan hewan mamalia lain. Selanjutnya juga disampaikan bahwa lahan basah memiliki ragam yang banyak bergantung kepada seberapa banyak, seberapa lama dan bagaimana air sampai di lokasi, jenis tanah dan jenis vegetasi yang ada. Atas dasar tersebut lahan basah dapat dibedakan menjadi *swamps*, *marsh*, *bog* dan *fen*. *Swamps* adalah lahan basah yang memiliki tanah jenuh air hampir sepanjang tahun, atau memiliki air tanah dangkal, kondisi keairan bersifat permanen. *Marsh* adalah bentuk lain dari lahan basah tidak permanen yang secara periodik mendapat kiriman air dari luapan sungai atau laut, genangan yang terjadi dapat bersifat mengalir

lambat atau tidak mengalir. *Bogs* adalah bentuk lain dari lahan basah yang banyak memiliki akumulasi bahan organik dan dapat menjadi salah satu bentuk lahan gambut yang bereaksi masam. Sedangkan *Fen* adalah lahan basah yang berasal dari lahan terjenuhi air dan memiliki jenis tanah mineral yang kaya akan kalsium dan mangan, sehingga bereaksi alkalis atau netral serta memiliki potensi mineral yang lebih banyak (lebih subur) dibanding *bogs*.

Selanjutnya Subagyo (2006) menyatakan bahwa lahan rawa dapat terbentuk di dataran tinggi, dataran sedang maupun dataran rendah. Lahan basah yang berkembang di datara tinggi dan dataran sedang pada umumnya tidak luas, sedangkan lahan basah yang terbentuk di dataran rendah seperti di kawasan pasang surut dan muara sungai dan kawasan pantai pada umumnya memiliki bentang lahan basah yang lebih luas. Kawasan muara sungai biasanya sangat dominan dipengaruhi oleh irama pasang surut air laut. Pada saat air laut surut, pengaruh air dari hulu lebih dominan sedangkan pada saat air laut pasang, kondisi-kondisi hilir terutama kawasan pertemuan air sungai dan laut dapat berpengaruh lebih besar.

Berdasarkan pengaruh pasang surut, terutama pada saat kondisi pasang terjauh yang didahului dengan terjadinya hujan lebat, Subagyo (2006) menyatakan bahwa bagian aliran sungai di sekitar muara dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu kawasan rawa pasang surut air asin/payau, kawasan rawa pasang surut air tawar dan kawasan rawa lebak, atau rawa non- pasang surut.

-Kawasan pasang surut air asin/payau terdapat di bagian daratan yang berbatasan dengan laut, khususnya di bagian

muara besar, dan daratan delta di kawasan muara besar. Di kawasan yang sangat dominan dipengaruhi oleh pasang surut air asin atau payau disebut dengan "*tidal wetlands*".

-Kawasan pasang surut air tawar, merupakan kawasan lahan basah ke arah hulu setelah kawasan pasang surut air asin atau payau. Dalam kawasan ini, aliran air tawar dari arah hulu lebih mendominasi dibanding dinamika pasang surut air laut, tetapi walaupun demikian goyangan pasang surut air laut masih bisa dirasakan.. Terdapat perbedaan air pasang pada musim yang berbeda, saat musim hujan, air pasang berupa air tawar, sedangkan pada musim kemarau air pasang dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

-Kawasan rawa lebak atau rawa non-pasang surut. Kawasan rawa lebak terletak jauh ke pedalaman ke arah hulu, dan pengaruh goyangan pasang surut air tidak dirasakan lagi. Rawa lebak dapat terjadi karena proses pasang air sungai ke arah sisi kiri atau kanan aliran sungai. Pada saat terjadi pasang besar di tengah musim hujan, jarak pasang terjauh dapat mencapai puluhan kilometer dari badan sungai. Pada saat musim kemarau, air akan surut dan meninggalkan badan-badan air yang terjebak di dalam cekungan-cekungan di permukaan tanah. Kecepatan laju air surut dipengaruhi oleh situasi air surut di kawasan muara, pada saat terjadi surut terjauh dari garis pantai, penyusutan luapan air sungai juga akan dipercepat. Badan air yang terjebak atau terperangkap di dasar cekungan akan berubah menjadi ekosistem rawa lebak dan tidak mengalami pasang dan surut.

Menurut Suriadikarta dan Sutriadi (2007) lahan rawa pasang surut yang luasnya mencapai 20,1 juta hektar pada awalnya merupakan rawa pantai pasang surut di kawasan muara besar, yang dipengaruhi secara langsung oleh aktivitas laut. Di bagian agak ke pedalaman, pengaruh sungai besar makin kuat sehingga wilayah ini memiliki lingkungan air asin dan air payau. Dengan adanya proses sedimentasi, kini wilayah tersebut berujud daratan yang merupakan bagian dari delta sungai. Wilayah tersebut terletak relatif agak jauh dari garis pantai sehingga kurang terjangkau secara langsung oleh air laut pada waktu pasang. Oleh karena itu, wilayah tersebut saat ini banyak dipengaruhi oleh aktivitas sungai di samping pasang surut harian dari laut. Untuk kepentingan praktis dan kemudahan pengelolaannya, serta berdasarkan jenis dan tingkat kendala fisiko-kimia tanahnya, Widjaja-Adhi (1986) dalam Sudana (2006) membagi lahan pasang surut menjadi beberapa tipologi lahan, yaitu (1) lahan potensial atau berpirit dalam (kedalaman lapis pirit lebih dari 50 cm.), (2) Lahan sulfat masam atau berpirit dengan kedalaman kurang dari 50 cm., (3) lahan gambut, dan (4) lahan salin. Selain berdasarkan tipologi lahan, lahan pasang surut juga dikategorikan menurut tipe luapan airnya menjadi 4 kelompok (1) Tipe A, selalu terluapi, baik pasang besar maupun kecil, (2) Tipe B, hanya terluapi pada saat pasang besar saja, (3) Tipe C, tidak pernah terluapi, air pasang besar hanya berakibat kepada semakin dangkalnya permukaan air tanahnya yaitu kurang dari 50 cm., dan (4) Tipe D, tidak pernah terluapi dengan kedalaman air tanah lebih dari 50 cm.

2. Konsep pengelolaan lahan basah.

Lahan basah merupakan lahan yang berada dalam kondisi jenuh air atau sebaran lahan yang memiliki peluang tergenang selama beberapa waktu atau permanen. Oleh karena itu konsep pengelolaan lahan basah didekati dengan kendala utama yang dimiliki lahan tersebut. Dengan demikian pengelolaan air dalam rangka mengupayakan terbentuknya suasana aerob di kedalaman efektif tanahnya (sebatas kedalaman perakaran) menjadi titik perhatian utama. Di samping masalah kejenuhan air dan tinggi genangan air, beberapa hal yang harus menjadi perhatian adalah munculnya sifat-sifat lahannya yang dapat dipengaruhi oleh kualitas dan asal air (kesuburan tanah, terutama pH tanah dan senyawa pirit), tipe tanah mineral yang tergenang dan ketebalan bahan organik yang mengalami hambatan dekomposisi (perombakan) karena adanya suasana an-aerob akibat adanya genangan. Lebih lanjut Sudana (2007) menyatakan bahwa pendekatan yang dapat dilakukan dalam mengembangkan lahan rawa haruslah mengacu kepada tipologi lahan dan tipe luapan air. Setiap tipologi lahan menghendaki cara pengelolaan yang berbeda. Pada lahan pasang surut dengan potensi sulfat masam, dengan lapisan pirit dangkal (kurang dari 50 cm.) hanya dapat dilakukan pengolahan tanah minimum, atau pengolahan tanah dangkal agar lapisan pirit tidak teroksidasi yang dapat mengakibatkan munculnya sumber kemasaman baru. Sebaliknya, pada tipologi lahan potensial dengan kedalaman lapisan pirit lebih dari 50 cm., pengolahan tanah bisa lebih intensif lagi mencapai kedalaman tertentu untuk memperluas volume perakaran, asal tidak masuk ke dalam ruang lapisan pirit.

Berdasarkan tipe luapan, untuk tiap luapan A bisa diusahakan dengan pola tanam dua kali padi dalam setahun, sedangkan tipe luapan B, pengelolaannya dengan sistem surjan. Sistem surjan adalah membagi bidang olah menjadi dua bagian, bagian bawah disebut tabukan sehingga dapat diusahakan dua kali padi dalam setahun dan bagian atas disebut guludan yang dapat ditanami palawija, atau sayuran dataran rendah yang dikombinasikan dengan tanaman tahunan. Sedangkan untuk tipe luapan C bisa ditanami dua kali padi gogo atau palawija maupun sayuran dataran rendah dengan sistem tegalan. Tipe luapan D bisa ditanami palawija, atau sayuran dataran rendah yang dikombinasikan dengan tanaman keras seperti kelapa dan lada.

Komoditi yang berkembang di lahan rawa cukup beragam, baik dilihat dari aneka tanaman atau komoditas yang dapat diusahakan. Pola pengembangan yang tepat dan ideal untuk lahan ini adalah melalui usaha tani terpadu. Integrasi yang dapat memberi manfaat ganda adalah integrasi tanaman dan ternak. Ternak yang telah dapat beradaptasi adalah ternak ruminansia besar atau kecil, serta ternak unggas adalah ayam dan bebek. Komoditi ternak di samping dapat berfungsi sebagai sumber pendapatan juga dapat berfungsi sebagai sumber pupuk kandang yang dapat meningkatkan kesuburan tanah.

Strategi pengembangan lahan rawa dapat dilakukan melalui pembinaan inti-inti pengembangan di setiap tipologi lahan, bekerja sama dengan satu kelompok tani dengan skala 10 sampai 20 hektar yang beranggotakan 20-40 petani. Pendekatan yang dilakukan bisa melalui model Primatani. Komoditi yang dibina bersifat terpadu. Inti-inti pengembangan dalam satu

wadah kelompok tani yang telah terlatih, diharapkan inovasi teknologi dapat berjalan dengan cepat. Anggota kelompok yang telah terlatih dapat dijadikan agen pembangunan atau penyuluh-penyuluh lokal atau swakarsa di wilayahnya atau di sentra produksi. Dengan demikian, diseminasi teknologi ke pengguna diharapkan dapat berjalan sesuai dengan rencana dan dapat berjalan lebih cepat.

Teknologi pengelolaan lahan berupa hasil penelitian telah banyak tersedia, namun masih berupa komponen teknologi, dan belum berupa paket teknologi pengembangan yang bersifat holistik yang secara teknis memungkinkan dan secara ekonomis menguntungkan, dan secara sosial dapat diterima petani, ramah lingkungan dan mendukung kebijakan Pemerintah Daerah setempat. Untuk menghasilkan paket teknologi yang siap untuk dikembangkan, maka diperlukan peran BPTP setempat. BPTP diharapkan berperan aktif melakukan kajian di setiap tipologi lahan dengan berbagai tipe luapan dan genangan air, untuk dapat menghasilkan paket teknologi siap pakai diseminasikan kepada petani. Dengan demikian, percepatan pemanfaatan lahan ini sebagai sumber pertumbuhan produksi pertanian segera dapat direalisasikan.

Paket teknologi yang dimaksudkan adalah kombinasi berbagai komponen teknologi yang telah dihasilkan dan integrasi berbagai komoditas yang memungkinkan secara bio-fisik dan social ekonomi. Sebagai contoh paket teknologi lahan rawa pasang surut potensial dengan tipe luapan air B. Pengembangannya melalui sistem surjan. Paket teknologinya mencakup setiap bidang olah lahan dan dikombinasikan dengan komoditi

lain yang memungkinkan misalnya peternakan (unggas, ruminansia atau ternak). Paket teknologi tersebut mencakup pola tanam padi sawah setahun pada tabukan (bidang olah yang tergenang air) dan pola tanam tanaman semusim pada guludan (bidang olah yang tidak tergenang air). Pola tanam padi sawah dan tanaman semusim, mencakup komponen teknologi waktu tanam, pengolahan tanah, pemupukan, varietas, jarak tanam, pengelolaan air mikro, pengendalian hama terpadu (PHT), pascapanen dan lainnya. Demikian juga dengan peternakan, mencakup tatalaksana pemeliharaan ternak (bibit, kandang, sanitasi, teknologi pakan, pengendalian penyakit dan lainnya), serta usaha ternak skala optimal.

Mengingat paket pengembangan lahan rawa sangat bergantung pada tipologi lahan dan tipe luapan air, maka kajian seharusnya dilakukan pada satu hamparan yang mencakup satu sistem tata air mikro, misalnya satu hamparan jaringan saluran sekunder atau tersier. Dalam hamparan ini komponen teknologi yang telah dihasilkan lewat penelitian dapat dikaji secara holistik dengan integrasi berbagai komoditi yang memungkinkan secara bio-fisik dan sosial ekonomi, untuk mendapatkan paket teknologi pengembangan spesifik lokasi berdasarkan tipologi lahan dan tipe luapan air.

Berdasarkan pengalaman pengembangan lahan rawa melalui sistem usaha pertanian (SUP) di Sumatra Selatan pada tahun 1995, kunci keberhasilan pengembangan lahan ini terletak pada pertama, pemilihan kelompok tani yang kooperatif dan visioner, kedua, penyediaan saprodi tepat waktu, jumlah dan kualitas, termasuk di dalamnya modal, tenaga (manusia, alat dan

mesin pertanian), bibit, pupuk, herbisida dan pestisida dan ketiga, dukungan pemasaran hasil produksi khususnya menjamin kestabilan harga di tingkat petani.

C. Lahan Pasir.

1. Pemahaman

Lahan pasir adalah lahan yang tekstur tanahnya memiliki fraksi pasir > 70%, dengan porositas total <40%, kurang dapat menyimpan air karena memiliki daya hantar air cepat, dan kurang dapat menyimpan hara karena kekurangan kandungan koloid tanah. Tanah pasir pada umumnya rendah kandungan bahan organiknya, sehingga jarang berada dalam ikatan partikel tanah (tidak membentuk gumpal), sehingga cenderung memiliki struktur lepas-lepas dan mudah diolah. Tanah pasir pada umumnya memiliki pH sekitar netral, berwarna cerah sampai kelam bergantung kandungan bahan organik dan airnya, dan tidak atau belum membentuk horizon penciri, tetapi untuk tanah-tanah pasir yang dibudidayakan, biasanya telah membentuk paling tidak epipedon okhric dan horizon anthropic. Tanah pasir pada umumnya tidak membentuk agregat, atau jika telah membentuk agregat bersifat lemah sehingga mudah tererosi.

Lahan pasir termasuk lahan tanah Regosol yang dalam taksonomi tanah lebih dikenal dengan sub-ordo *Psamments* yang berarti pasir dari ordo Entisol. Jenis tanah Regosol pada umumnya belum menampakkan diferensiasi horizon, meskipun pada tanah yang telah tua horizon sudah mulai terbentuk horizon A1 lemah, berwarna kelabu, mengandung bahan yang belum atau

masih baru mengalami pelapukan (Munir, 1996), sehingga perkembangan selanjutnya dipengaruhi oleh kondisi setempat, mempunyai kandungan bahan organik rendah, kandungan air dan lempung rendah sehingga membatasi pemanfaatannya (Gunawan, 1997). Sub-orde lain dari tanah Entisol adalah *Aquents* yang menunjukkan tanah pasir yang berkembang dalam kawasan basah, *Arents* jika banyak dipengaruhi atau diperkembangkan oleh kegiatan manusia, *Fluents* yang berkembang dari bahan alluvial yang telah terdrainasi, biasanya berada dalam kawasan atau dataran banjir, dan *Orthents* jika menunjukkan tingginya intensitas pengaruh manusia pada berbagai aktivitas sehingga memiliki ciri-ciri *urbic*, *garbic* dan *spolic*.

Tanah pasir banyak berkembang di kawasan-kawasan yang didominasi oleh sebaran bahan-bahan berumur muda yang sebarannya pada umumnya dipengaruhi oleh kondisi lanskap, didominasi oleh bahan-bahan yang berukuran pasir dan tahan terhadap gaya-gaya pelapukan, atau bahkan berkembang di kawasan-kawasan baru dengan kondisi lanskap dan tanah-tanah muda yang banyak dipengaruhi aktivitas manusia. Lahan - lahan yang terbentuk dari tanah yang didominasi fraksi pasir pada umumnya memiliki produktivitas rendah. Kesuburan tanah sebagai daya dukung utama produktivitas yang dimiliki tanah-tanah pasir berkualitas rendah. Kualitas kesuburan yang rendah ini disebabkan oleh sifat fisik dan kimia yang tidak dapat memberikan dukungan kepada pertanaman. Dominasi fraksi pasir yang dimiliki menyebabkan kandungan fraksi lempung rendah, dan dengan rendahnya kandungan bahan organik menyebabkan tanah ini tidak membentuk agregat serta berada

dalam kondisi berbutir tunggal. Sebagai akibatnya, tanah-tanah pasir pada umumnya tidak memiliki kandungan air yang cukup untuk menopang pertumbuhan tanaman. Kandungan mineral lempung dan bahan organik yang rendah juga menyebabkan tidak terbentuknya kompleks koloid tanah yang biasa terbentuk karena adanya asosiasi antara mineral lempung dan bahan organik dalam membentuk kompleks lempung-humus.

2. Lahan pasir pantai.

Di sebagian lahan pantai yang ada di Selatan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), terhampar memanjang dari Pantai Parang Endok di Kabupaten Bantul sampai Pantai Glagah Kabupaten Kulon Progo. Bahan asal lahan pantai ini didominasi oleh fraksi pasir, dan dikenal sebagai lahan pasir pantai. Bahan baku lahan ini berasal dari proses deflasi abu vulkanik dan materi pasir yang dibawa oleh aliran sungai - sungai yang membelah Daerah Istimewa Yogyakarta yang bermuara di laut Selatan. Setelah diendapkan di pinggir pantai, dengan bantuan gelombang laut Selatan yang terkenal besar, materi pasir ini disebarkan di sepanjang pantai - pantainya. Di bagian Timur yang berbatasan dengan kabupaten Dati II Gunung Kidul, pasir pantai ini disebar luaskan ke arah darat oleh hembasan angin yang membentur tebing kapur di sisi Timur Pantai Parang Endok. Proses ini mengakibatkan di kawasan Pantai Parang Endok sampai Parang Kusumo, banyak terdapat gumpuk - gumpuk pasir dan di bagian lembahnya sering dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian.

Hasil analisis yang dilakukan oleh Gunawan, dkk. (1997) terhadap lahan pasir pantai yang sampelnya diambil dari Lahan Pantai Trisik, Banaran, Galur kabupaten Dati II Kulon Progo DIY menunjukkan bahwa lahan pasir pantai tersebut memiliki potensi kesuburan rendah, sebagaimana tabel 4.

Tabel 4. Sifat-sifat Tanah Pasir

NO	SIFAT - SIFAT TANAH	NILAI
1	Kadar lengas tanah, 0,5 mm (%)	0,16
2	Kadar pasir (%)	99,00
3	Kadar debu (%)	1,00
4	Kadar lempung (%)	0,00
5	Berat jenis (g/cm ³)	2,37
6	Berat volume (g/cm ³)	1,61
7	Porositas total tanah (%)	32,07
8	PH (1:2,5)	5,90
9	C-organik (%)	0,12
10	N-total (%)	0,004
11	Kapasitas Penukaran Kation (me/100g)	3,60
12	Daya hantar Listrik (mS)	0,20

Hasil analisis sampel tanah di atas menunjukkan bahwa daya dukung lahan dan potensi kesuburannya rendah. Dari kesuburan fisik, lahan semacam ini ternyata tidak memiliki kemampuan menyimpan lengas (kadar lengasnya 0,16%). Hal ini disebabkan oleh beberapa keadaan, pertama tekstur tanahnya yang didominasi oleh fraksi pasir (99,0% pasir), kandungan debu 1,00%, tanpa kandungan lempung. Kondisi ini menyebabkan pori mikro (pori - pori penyimpan air) tidak terbentuk, sehingga kandungan lengasnya lebih banyak disebabkan oleh gaya adhesi yang mudah menguap oleh goyangan suhu. Hasil penetapan

porositas tanahnya (45,00%) menunjukkan bahwa pori makro lebih banyak mendominasi volume tanahnya. Akibatnya secara keseluruhan lahan semacam ini selalu meloloskan setiap air yang datang kepadanya. Kedua, hasil penetapan bahan organik sebagai salah satu bahan perekat agregat tanah dan anasir pematangan pori - pori tanah sangat rendah. Banyak orang berpendapat bahwa lempung dan bahan organik merupakan kunci kesuburan tanah, dari segi sifat fisik, kekurangan lempung dan bahan organik berakibat kurang menguntungkan bagi stabilitas agregat, atau bahkan agregat sama sekali tidak terbentuk. Dalam kondisi semacam ini, dapat dipastikan bahwa lahannya tidak dapat mengikat air yang dibutuhkan tanaman, serta memiliki kecenderungan melalukan air ke bawah keluar dari kompleks perakaran. Di satu sisi, proses ini mengakibatkan pemupukan tidak efektif, karena unsur hara pupuk banyak yang terlindi ke bawah (bila terjadi hujan), serta di sisi lain kekurangan lengas di kompleks perakaran, mengakibatkan proses serapan hara tidak terdukung dengan baik (unsur hara diserap tanaman dalam bentuk larutan).

Potensi kesuburan kimia diperlihatkan oleh hasil analisis pH tanah yang menunjukkan pH yang cukup netral dan sesuai dengan ketersediaan hampir semua hara yang dibutuhkan tanaman, tetapi jika dilihat potensi kesuburan kimia lainnya, seperti kadar C-organik (0,12%), N-total (0,004%), kapasitas penukaran kation 3,60 me/100g, lahan pasir pantai Trisik memiliki potensi kesuburan cukup rendah. Di samping itu, walaupun letaknya berdekatan dengan garis pantai, lahan pasir

pantai Trisik tidak mempunyai kendala kegaraman, sebagaimana hasil pengukuran daya hantar listrik (0,20mS).

Koloida tanah merupakan salah satu bagian tanah yang disebut sebagai situs jerapan. Koloida tanah ini dapat tersusun atas bahan mineral yaitu lempung dan hasil perombakan bahan organik yang disebut humus. Kompleks koloida lempung-humus ini merupakan bagian yang menjadi pusat kesuburan tanah. Lahan pasir pantai memiliki kandungan mineral lempung rendah, oleh karena itu lahan pasir pantai semacam ini miskin koloida tanah sehingga kualitas kesuburan rendah.

3. Konsep dasar pengelolaan lahan pasir pantai.

Dasar pengelolaan lahan marginal pada umumnya dimulai dari faktor pembatas yang dimilikinya. Untuk lahan pasir pantai terutama di Selatan Daerah Istimewa Yogyakarta, masalah yang pertama kali harus diatasi adalah ketidakmampuan tanahnya untuk menyimpan air dalam waktu lama. Fraksi pasir yang mendominasinya akhirnya akan memberikan masalah ikutan lainnya, yaitu besarnya laju infiltrasi air yang akan berakibat pada proses rendahnya efisiensi pemupukan karena sebagian besar hara pupuk keluar dari kompleks perakaran seiring dengan gerakan air gravitasi. Akar permasalahan dari hal tersebut adalah kecilnya kandungan bahan organik dan tidak adanya kandungan fraksi lempung. Beberapa upaya perbaikan pada dasarnya dapat saja dimulai dari keterbatasan lahannya (kelengasan dan keheraan) atau berupa suatu upaya untuk mengatasi akar permasalahannya (kandungan bahan organik dan fraksi lempung (clay)).

Pemberian bahan organik ke dalam tanah merupakan praktek yang paling dianjurkan, dan biasanya diberikan dalam takaran yang melebihi anjuran pada umumnya. Pemberian bahan organik ke dalam tanah dalam jumlah 30 - 40 ton/hektar dapat diambil dari berbagai sumber bahan organik. Untuk daerah bukaan baru yang jauh dari pemukiman penduduk, pemberian bahan organik membutuhkan biaya yang tidak sedikit, dan lagi bahan organik menjadi lebih mudah berkurang jumlahnya karena proses dekomposisi yang cepat. Bahan organik memang punya peranan cukup besar dalam perbaikan kualitas sifat fisik tanah (meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air) dan sifat kimia tanah (menambah unsur hara, dan memperbaiki kompleks jerapan hara atau koloida tanah). Dikarenakan proses dekomposisi bahan organik di daerah seperti ini dapat berlangsung cepat, maka dampak positifnya juga tidak berlangsung lama, sehingga dalam musim tanam berikutnya, penambahan bahari organik tetap harus dijalankan.

Gunawan, dkk. (1997) telah meneliti potensi penggunaan blotong pada berbagai dosis (20 sampai 35 ton per hektar) guna mengatasi keterbatasan fisik dan kimia lahan pasir pantai Trisik Kulon Progo DIY. Blotong adalah satu satu hasil samping pengolahan tebu menjadi gula, suatu bahan padat yang berwarna coklat kehitaman. Dibandingkan dengan kadar gula yang dihasilkan, blotong memiliki berat relatif besar yaitu sekitar 2 sampai 4% berat tebu terolah. Sebagian besar bahan ini berasal dari batang tebu sehingga memiliki kadar selulosa tinggi dan rasio C/N 12 - 40% tergantung dari tingkat dekomposisi yang terjadi. Bahan ini memiliki kandungan C organik tinggi yang penting

dalam proses pembentukan humus tanah yang dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kemampuan pengikatan air tanah-tanah pasir. Blotong yang dihasilkan oleh Pabrik Gula Madukismo Bantul Yogyakarta memiliki kadar air 9,38%, C-organik 18,77%, N-total 1,18%, pH (1:2,5) 7,30, rasio C/N 15,00, asam humat 3,28%, asam fulvat 3,63%, kapasitas penukaran kation 37,32 me/100g, K-total 1,21% dan K-tersedia 14,26 me/100g. Hasil analisis blotong menunjukkan bahwa bahan ini memiliki peluang cukup baik untuk meningkatkan kualitas lahan-lahan pasir. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan dengan dosis minimal 25 ton per hektar dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung yang diukur dari berat biomassa segar dan kering tanaman serta kandungan kalium dalam jaringan tanaman. Gunawan (2009) mencoba menggunakan campuran kotoran sapi dan jerami padi (1:1; 1:2 dan 1:3) untuk mengurangi laju pencucian senyawa nitrogen dari medium tanam yang dipupuk Urea dan ZA, percobaan ini menunjukkan bahwa perbandingan kotoran sapi dan jerami padi 1:1 memperlihatkan hasil paling baik, sehingga diperkirakan imbang kotoran sapi dan jerami tersebut sesuai diaplikasikan di lahan pasir pantai.

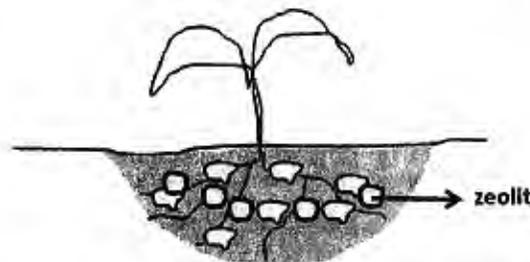
Mulsa merupakan suatu bahan dari bagian ragawi tanaman atau bahan buatan lain yang diletakkan di atas lahan dengan maksud untuk mengurangi laju evaporasi dari permukaan tanah. Pemulsaan di lahan pasir pantai justru diletakkan di bawah kompleks perakaran dengan maksud menahan laju gerakan air dan hara keluar dari mintakat (*zone*) perakaran. Mulsa semacam ini disebut dengan mulsa bawah permukaan (*sub-surface*

mulching). Pemulsaan cara seperti ini telah dikembangkan petani semangka yang ada di kawasan lahan pasir pantai selatan Kulon Progo, bahkan dengan lahan yang tidak begitu luas, telah dicobakan pemanfaatan mulsa bawah permukaan ini dalam pembudidayaan padi di lahan pasir pantai. Praktek lain yang bertujuan untuk mengurangi prosentase pelindian hara ke bawah, adalah melaksanakan pengairan dan pemupukan sekaligus. Praktek ini biasa dilakukan petani pantai Bugel Kulon Progo dengan melarutkan pupuk NPK yang diaplikasikan setiap tiga hari. Cara ini cukup efektif dalam memberikan hasil maksimal pada budidaya tanaman semangka.

Cara lain yang masih banyak diperdebatkan adalah memasukkan sejumlah massa tanah lempung ke dalam lahan pasir pantai. Memang secara teoritis, cara seperti ini dapat mengubah prosentase fraksi partikel tanah per satuan volume tanahnya. Sehingga dengan demikian sifat - sifat fisik tanah pasir dapat dikurangi, serta sebaliknya dapat ditutupi oleh kebaikan sifat - sifat fraksi lempung. Kondisi kelengasan segera berubah, dan kemampuan mengikat air dapat ditingkatkan. Walaupun demikian, sampai sekarang penelitian yang berhubungan dengan upaya ini masih terus dikembangkan, terutama untuk mendalami, posisi fraksi lempung setelah dimasukkan ke dalam tanah pasir. Apakah fraksi lempung tersebut dapat memacu pembentukan agregat tanah atau bahkan secara berangsur - angsur dapat bergerak ke bawah, keluar dari mintakat perakaran. Bahkan telah dicobakan pengaruh kombinasi pemberian bahan organik dan lempung terhadap perbaikan sifat - sifat tanah lahan pasir pantai. Percobaan lain yang dilakukan Gunawan (1999)

volumenya. Kanal - kanal inilah yang akhirnya dapat menyimpan air yang berfungsi sebagai tandon air (*water reservoir*).

Prinsip dasar pemanfaatan zeolit ini adalah memasukkan potongan - potongan zeolit ini ke dalam mintakat perakaran tanah pasir sebagaimana ilustrasi dalam gambar 36.



Gambar 36. Pemanfaatan zeolit dalam tanah pasir

Dalam skala laboratoris, upaya ini cukup berhasil mengurangi kendala faktor pembatas lahan pasir pantai, tetapi dalam skala percobaan di lapangan, penelitian harus lebih banyak dikembangkan untuk mengamati pada diameter berapa, potongan - potongan zeolit ini tidak dapat bergerak ke bawah. Alternatif lain yang juga telah berkembang cukup maju adalah pelibatan beberapa jenis jasad mikro dalam tanah yang secara keseluruhan merupakan penerapan pupuk hayati (*biofertilizer*).

Anabaena sp. adalah salah satu jenis *Blue-Green Algae* yang mampu berasosiasi di dalam ruangan daun paku air *Azolla*, dan salah satu hal yang menarik adalah kemampuannya memfiksasi kandungan N dalam udara. Percobaan yang telah dilakukan oleh Gunawan (1993) di areal lahan kering Sawangan Magelang dan

Simo Boyolali Jawa Tengah menunjukkan bahwa pemanfaatan biomassa *Azolla* mampu menggantikan sebagian kebutuhan pupuk nitrogen dalam budidaya cabai dan tomat. Di samping itu didapati juga sianobakteri bebas yang dapat menghasilkan substansi pembentuk agregat tanah. Jasad mikro ini karena menggunakan matahari sebagai sumber energi, maka pemanfaatannya sebagai bahan pembenah tanah secara biologi (*bio soil conditioner*) secara luas, diharapkan biayanya dapat bersaing dengan bahan pembenah tanah buatan dari senyawa anorganik.

Pemanfaatan jasad mikro bagi kepentingan pupuk hayati lainnya adalah bakteri bintil akar yang dikenal sebagai *Rhizobium sp.* yang berasosiasi dengan akar tanaman legum ternyata mampu memfiksasi nitrogen dari udara bebas dalam tanah. Di samping itu ada jenis Aktinomisetes yang dapat berasosiasi dengan tanaman non legum yang bentuk asosiasinya dikenal dengan Aktinorizas. Aktinorizas ini menginfeksi sel akar tanaman inang (*Frankia*) dan hidup di dalam korteks bintil akar, selanjutnya bintil akar ini dapat dijadikan sebagai tambahan sumber nitrogen dalam tanah.

Selain pemanfaatan pupuk hayati di atas, aplikasi mikoriza yang merupakan bentuk asosiasi simbiotik antara fungi dengan akar tanaman patut pula dipertimbangkan, jika penggunaannya di arahkan pada lahan - lahan marginal seperti lahan tererosi, tanah masam, lahan kering dan lahan bekas areal pertambangan. Beberapa keuntungan yang diperoleh tanaman inang yang berasosiasi dengan mikoriza ini, antara lain mampu meningkatkan efisiensi serapan fosfat, serta ketersediaan fosfat

menjadi lebih terjamin, karena pengaruh infeksi mikoriza ini berlangsung selama daur hidupnya, tanaman inang menjadi lebih tahan terhadap patogen dan kekeringan. Satu hal yang menarik adalah bahwa beberapa jenis cendawan mikoriza asosiasinya tidak terlalu spesifik, sehingga membuka peluang untuk dikembangkan pada beberapa jenis komoditi tanaman pertanian sebagai tanaman inang, sehingga memiliki peluang lebih besar digunakan di kawasan lahan pasir secara lebih luas.

Pemanfaatan pupuk hayati dan pelibatan mikroorganisme tanah bagi lahan - lahan bukaan baru terutama lahan pasir pantai, kadangkala dapat melibatkan lebih dari satu masukan. Percobaan - percobaan yang sering dilakukan fakultas Pertanian UMY dengan menggunakan kombinasi perlakuan inokulum Rhizobium dan VAM (*Mikroriza Arbuskular Vesikular*) pada budidaya kedelai yang ditujukan pada dua permasalahan, yaitu pertama lahan pasir pantai cenderung memiliki kandungan nitrogen rendah. Dengan demikian benih kedelai yang telah diinokulasi dengan rhizobium diharapkan dapat memacu proses fiksasi nitrogen, dan secara simbiosis mutualisme proses ini akan menambah kandungan nitrogen dalam tanah, terutama bagi pola budidaya tanaman berikutnya. Sedangkan pemanfaatan VAM lebih banyak diarahkan untuk menjaga kualitas kelengasan di dalam mintakat perakaran. Agar dampak positifnya lebih banyak, kedelai hendaknya ditanam dalam posisi tanam campur dengan tanaman lain (misalnya jagung, cabai dan bawang daun).

D. Lahan Gambut

1. Pemahaman.

Lahan gambut merupakan salah satu proses pembentukan tanah organik yang dapat terjadi manakala situasi iklim dan topografi suatu wilayah menyebabkan proses akumulasi bahan organik melebihi proses dekomposisinya.

Suatu kawasan dengan sebaran hujan yang tinggi, menyebabkan pertumbuhan vegetasi sangat tinggi. Kelebatan dan kerindangan vegetasi ini dapat memberikan suplai bahan organik cukup besar setiap tahunnya, dan dapat melebihi proses dekomposisi bahan organik. Suatu cekungan di permukaan bumi yang selalu basah dan kelebihan air (tergenang) merupakan suatu tempat yang berpeluang bagi terbentuknya lahan gambut. Genangan menyebabkan suasana an-aerob, karena oksigen yang diperlukan dalam proses dekomposisi bahan organik terhalang masuk. Dengan demikian proses perombakan bahan organik berjalan lambat dalam suasana kekurangan oksigen yang dibantu oleh kegiatan bakteri an-aerob, algae dan beberapa jasad yang hidup dalam air. Proses perombakan bahan organik dalam tanah gambut berjalan lambat, dan cenderung menyebabkan terjadinya akumulasi bahan - bahan yang cenderung tahan terhadap peruraian dan peningkatan kadar C (karbon) di dalam tanah.

Tanah gambut diklasifikasikan sebagai tanah Histosol yang dicirikan dengan kandungan tinggi bahan organik. Tanah mineral dengan ketebalan horison O (organik) tertentu dan kandungan bahan organiknya melebihi 20%, horison O tersebut disebut dengan horison histik yang merupakan penciri tanah

histosol. Sedangkan untuk tanah mineral dengan kandungan lempung lebih dari 50%, agar dapat diklasifikasikan ke dalam tanah histosol, tanah mineral tersebut harus mengandung sedikitnya 30% bahan organik.

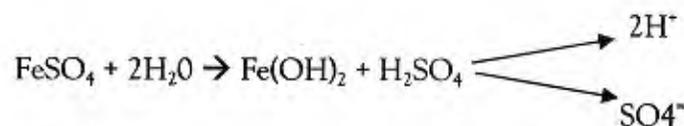
Menurut Agus dan Subiksa (2008) gambut diklasifikasikan berdasarkan tingkat kematangan, kedalaman, kesuburan dan proses pembentukannya. Berdasarkan tingkat kematangannya, gambut dibedakan menjadi: gambut saprik (matang) apabila gambut telah mencapai tingkat pelapukan sempurna, sehingga bahan asalnya tidak lagi dikenali, berwarna coklat tua sampai hitam, dan bila diremas sisa kandungan seratnya <15%; gambut hemik (setengah matang) apabila gambut sebagian bahan asalnya masih dapat dikenali, berwarna coklat dan bila diremas masih terdapat bahan serat sebesar 15 - 75%; dan gambut fibrik (mentah) apabila gambut belum menunjukkan gejala melapuk, bahan asal masih dapat dikenali, berwarna coklat, dan bila diremas masih terapat >75% bahan serat. Berdasarkan tingkat kesuburannya, gambut dibedakan menjadi: gambut eutrofik adalah gambut yang subur dan kaya bahan mineral dan basa-basa serta hara lain. Gambut yang relatif subur adalah gambut yang tipis dan masih dapat dipengaruhi oleh sifat-sifat sedimen sungai atau laut; gambut mesotrofik adalah gambut yang agak subur yang memiliki kandungan mineral dan basa-basa sedang; dan gambut oligotrofik adalah gambut yang tidak subur karena miskin mineral dan basa-basa, dan biasanya tebal, merupakan bagian dari kubah gambut yang jauh dari pengaruh tanah mineral di bawahnya. Berdasarkan lingkungan pembentukannya, gambut dibedakan menjadi: gambut om-

brogen, yaitu gambut yang terbentuk dalam lingkungan yang hanya dipengaruhi oleh air hujan; dan gambut topogen yaitu gambut yang terbentuk dalam lingkungan (cekungan di permukaan bumi) yang mendapat pengayaan air pasang. Gambut topogen lebih kaya bahan mineral dan lebih subur dibanding gambut ombrogen. Berdasarkan ketebalannya, gambut dibedakan menjadi: gambut dangkal dengan ketebalan 50-100 cm.; gambut sedang dengan ketebalan 100-200 cm.; gambut dalam dengan ketebalan 200 - 300 cm. dan gambut sangat dalam dengan ketebalan >300 cm. Sedangkan berdasarkan proses dan lokasi pembentukannya, gambut dibedakan menjadi: gambut pantai adalah gambut yang terbentuk di dalam kawasan pantai yang dipengaruhi pasang-surut air laut dan mendapat pengayaan mineral dari laut; gambut pedalaman adalah gambut yang terbentuk di daerah yang bebas dari pengaruh pasang-surut air laut dan hanya dipengaruhi oleh air hujan; gambut transisi adalah gambut yang terbentuk di antara kawasan pantai dan kawasan pedalaman.

Beberapa pembatas tanah Histosol terutama untuk tanaman pangan adalah ketebalan dan kematangan gambut, kandungan bahan organik tinggi, pH tanah rendah, kejenuhan air karena drainase buruk, sangat porus, dan miskin hara (Munir, 1996). Kendala pengelolaan lahan gambut pada umumnya adalah

- a. Bentuk timbunan dan kedudukan fisiografi yang menyebabkan muka air tanah dangkal, drainase dan perembihan (gerakan air ke bawah) menjadi buruk.

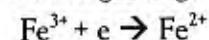
- b. Tingkat kejenuhan air tinggi, sehingga tanah sangat lembek dan bahkan kadang - kadang melumpur lantaran fraksi tanah berbutir halus. Proses ini bersifat tidak terbalikkan (*irreversible*).
- c. Kejenuhan air sepanjang tahun yang menyebabkan suasana an-aerob dan reduktif. Dalam kondisi seperti ini tidak menguntungkan bagi suasana keheraan tanah.
- d. Bahan organik mentah di atas tanah mineral yang akan berakibat perakaran dibatasi, sehingga banyak akar yang tumbuh ke arah atas, mencuat di atas permukaan tanah.
- e. Gambutan di kawasan pantai (marin), sering muncul masalah pirit (FeS_2) yang jika teroksidasi dapat menjadi FeSO_4 (besi sulfat). Jika proses ini diikuti oleh pembentukan asam sulfat, tanah akan bersifat sangat masam (*cat-clay*).



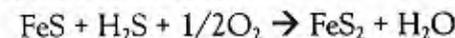
Lahan gambutan masam semacam ini sering disebut sebagai **lahan sulfat masam**.

Lahan sulfat masam dapat muncul jika suatu lahan bergambut didrainasekan, dan jika diikuti oleh proses oksidasi, pH tanah dapat mencapai 3,5 sebagaimana proses di bawah ini:

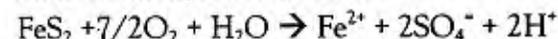
-saat tergenang.



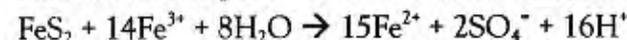
-saat drainase dilaksanakan.



-drainase menyebabkan oksidasi.



bila masih terdapat Fe^{3+} , reaksi dapat berlanjut :



pH tanah < 3,50

- f. Bersarangnya hama dan penyakit tanaman.

Ekosistem yang dibentuk di dalam kawasan gambut tidak semuanya memberikan keuntungan biologi kepada tanaman budidaya. Pertumbuhan lahan gambut telah memberikan ekosistem yang baik bagi banyak spesies flora dan fauna gambut, baik spesies tingkat rendah seperti bakteri, virus dan jamur serta fauna tingkat tinggi seperti ular, serangga tanah, kepiting dan juga tikus. Organisme yang telah berkembang di dalam kawasan gambut bolehjadi akan mendapatkan inang baru (tanaman budidaya) yang

lebih banyak mengandung energi dan bahan pakan, sehingga organisme ini dapat bersifat mengganggu tanaman yang dibudidayakan.

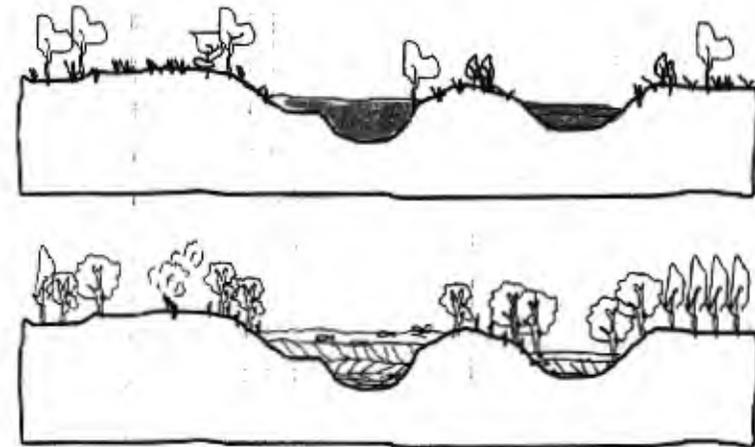
Soeprtohardjo dan Briesden (1976) dalam Munir (1996) menerangkan bahwa histosol bersama dengan tanah yang lain sering dijumpai di daerah pasang surut. Banyak tersebar di pantai-pantai Kalimantan, Sumatra bagian Timur dan pantai-pantai Selatan Irian Jaya (Papua). Umumnya histosol terjadi di dataran rendah atau cekungan dekat pantai sebagai akibat genangan air yang terus menerus. Vegetasi yang tumbuh dan mati di tempat tersebut, sisa - sisa bahan organiknya tidak dapat diuraikan oleh jasad mikro, maka terjadilah penimbunan bahan organik di atas tanah mineral sebagai dasarnya, yang merupakan lapisan *gley* dan bahan pasir kuarsa. Ketebalan tanah gambut semacam ini dapat bervariasi dari 50 cm. sampai 3 meter.

Genangan yang selalu terjadi di daerah cekungan dari waktu ke waktu cenderung selalu menambah jumlah timbunan bahan organik. Sedangkan kondisi pasang-surut air laut menyebabkan kondisi tanah gambut dalam suasana reduksi-oksidasi yang berselang-seling, sehingga masih ada sebagian kecil bagian dari bahan organik yang mulai terdekomposisi karena sempat teroksidasi.

2. Tipe pembentukan lahan gambut.

Berdasarkan sebaran curah hujan yang tinggi serta kondisi kondisi permukaan bumi yang secara lebih detail digambarkan sebagai kondisi topografi suatu kawasan, lahan gambut dapat

terbentuk melalui beberapa tahap. Keberadaan suatu cekungan di permukaan yang berada dalam kawasan bervegetasi lebat, memiliki peluang untuk terbentuknya lahan gambut. Cekungan cenderung mengumpulkan air yang membuat suasana di dalamnya menjadi an-aerob. Bahan organik yang berasal dari vegetasi di sekitarnya dapat menjadi endapan di dasar cekungan. Suasana an-aerob menyebabkan proses dekomposisi bahan organik terhambat, sementara proses sedimentasi bahan organik dapat berjalan terus sebagaimana ilustrasi dalam gambar 37.

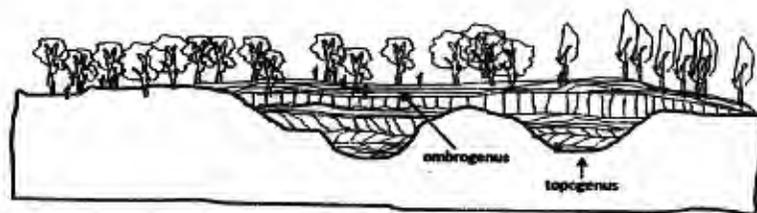


Gambar 37. Proses pembentukan lahan gambut.

Cekungan lama kelamaan akan terisi oleh sedimen bahan organik pada berbagai kematangan dan akan berkembang menjadi salah satu jenis lahan gambut topogen karena pembentukannya dipengaruhi oleh kondisi topografi (cekungan). Kualitas lahan gambut jenis ini masih cukup baik, karena masih dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah mineral di bawahnya. Sedang-

kan lapisan yang lebih atas, memiliki kesuburan yang lebih rendah karena mulai terpisahkan dari pengaruh sifat-sifat tanah mineral di bawahnya.

Di kawasan dengan curah hujan lebih dari 1.500 mm per tahun, vegetasi akan tumbuh lebih tinggi karena terjaganya kondisi sediaan air tanah, dan ini akan berakibat produksi massa organik akan semakin banyak, dengan demikian pertumbuhan lahan gambut akan berkorelasi dengan curah hujan, sehingga disebut dengan lahan gambut ombrogen, sebagaimana gambar 38.



Gambar 38. Proses perkembangan lahan gambut.

Di Indonesia ekosistem gambut pada umumnya dapat berupa hutan padang yang dipengaruhi proses pasang-surut air laut atau luapan aliran sungai serta hutan rawa campuran yang berada di daerah bawah (*lowland*) pada bagian menuju daratan yang menjauhi laut atau aliran sungai. Menurut Munir (1996) hutan padang dapat memiliki hutan yang rapat pertumbuhannya, sering dimasukkan ke dalam jenis hutan produksi yang dapat menyediakan kayu kualitas ekspor, sedangkan hutan rawa campuran merupakan tipe hutan yang paling dominan dengan jenis vegetasi campuran seperti *Parestemon urophyllum*, *Diospyros malabarica*, *Dyeralowii* dan *Gonystylus bancanus*. Di samping itu

sering juga ditemukan jenis tumbuhan *Blumeodendron tokbrai*, *Alangium havilandii* dan *Stemonurus scorpioides*.

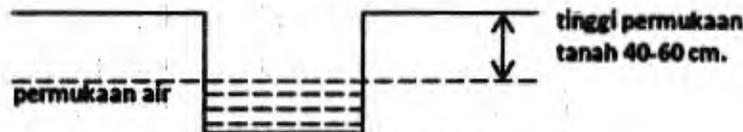
Berdasarkan bahan penyusunnya tanah gambut dibagi menjadi gambut sedimen (endapan), yaitu bahan - bahan gambut yang terbawa air dari hulu serta diendapkan di sepanjang tepi sungai atau pada muara sungai di laut, bahan - bahan aluvial ini dapat di endapkan membentuk formasi delta di mulut muara laut dalam. Delta - delta yang terbentuk ini biasanya dapat berubah menjadi hutan mangrove yang didominasi vegetasi bakau (*Rhizosphora*) dan hutan rawa dengan jenis vegetasi bercampur. Gambut sedimen ini biasanya terdiri dari bagian - bagian tanaman yang mudah terhanyutkan dan menjadi humus. Perjalanan yang harus ditempuhnya mengakibatkan banyak hara yang telah dibebaskan tidak dapat terkumpul di suatu tempat, oleh karena itu, di daerah hilir, bahan ini telah banyak mengalami kehilangan kandungan haranya. Hutan mangrove yang dapat terbentuk padanya merupakan ekosistem alam dan sangat cocok untuk beberapa jenis organisme akuatik. Gambut berserat terdiri dari bagian - bagian tanaman yang banyak mengandung serat (*lignin*) sehingga menunjukkan tingkat perombakan yang berbeda - beda. Perombakan sempurna gambut berserat ini akan menghasilkan tanah organik yang memiliki kualitas lebih baik. Gambut berkayu terdiri dari batang - batang dan ranting pohon, dan juga sisa semak - semak dan tumbuhan rawa lain. Pelapukan bahan berkayu ini sangat lama, dan meninggalkan beberapa bagian yang paling sukar teruraikan.

3. Penyiapan lahan gambut.

Langkah pertama yang harus dilaksanakan adalah mengurangi kendala-kendala pokok yang dimiliki lahan gambut. Di antara persiapan tersebut adalah :

-Pembuatan saluran drainase.

Sifat menahan air yang tinggi menyebabkan tanah gambut akan mengerut bila dikeringkan dan perlu untuk dipadatkan. Pembuatan saluran drainase (pembuang) dimaksudkan untuk mengurangi tinggi permukaan air, memperlancar oksidasi sehingga humifikasi dipercepat, menaikkan pH tanah. Perbaikan drainase menyebabkan sebagian bahan gambutan mengering dan akan terjadi penyusutan yang diikuti oleh menurunnya ketinggian bahan gambut serta penyusutan volume (*subsidence*). Proses ini dipengaruhi oleh lebar dan jeluk saluran yang dibuat, sifat-sifat bahan gambut dan tingkat perombakan. Penyusutan volume lebih banyak terjadi pada bahan gambutan yang didominasi oleh bahan-bahan tanaman yang mudah melapuk, serta bahan yang telah mengalami perombakan lebih lanjut. Secara skematis bentuk saluran drainasenya sebagaimana gambar 39.



Gambar 39. Saluran drainase di lahan gambut

Untuk lahan gambut yang berada di areal pasang-surut, pembuatan saluran semacam ini menjadi sangat menguntungkan. Pada saat pasang, senyawa yang bersifat masam menjadi larut dan

rendah konsentrasi kemasamannya, serta pada saat surut, senyawa masam ini akan terbawa keluar lahan.

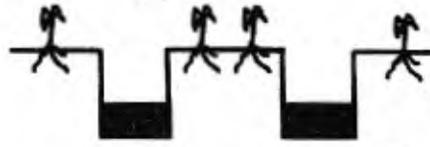
-Pembakaran dan pepadatan.

Pembakaran bersifat menguntungkan bila tanah gambut di bagian bawahnya punya struktur yang baik. Abu sisa pembakaran dapat dibenamkan dan kadangkala dapat meningkatkan pH tanah.

Tanah gambut yang telah kering (karena didrainasekan) bersifat porus dan lepas-lepas. Untuk memperbaiki kemampuan menyimpan lengas, tanah yang telah dibakar ini dipadatkan. Menurut Goeswono (1983) dalam Munir (1996) Pembakaran pada hakekatnya adalah pengelolaan struktur tanah gambut, karena pencangkulan dan membajak tidak diperlukan. Dengan kata lain tanah gambut bersifat porus dan terbuka, oleh sebab itu pengolahan tanah tidak diperlukan dan cukup dipadatkan, kecuali bila mengandung lempung dan debu.

-Pembuatan surjan.

Pembuatan surjan untuk lahan gambut yang belum matang tidak menguntungkan, karena mempersulit proses pembuatan surjannya. Sistem surjan merupakan praktek pembuatan guludan dan tabukan (selokan) secara berpasangan-pasangan. Guludan merupakan tempat untuk menanam, sedangkan tabukan berguna untuk saluran pembuangan kelebihan air, sebagaimana gambar 40.



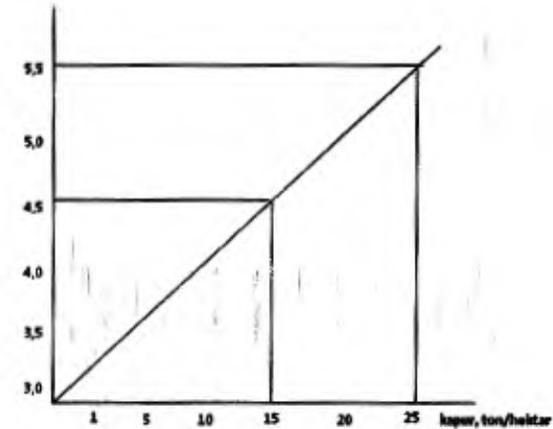
Gambar 40. Sistem surjan lahan gambut

Bila lahan gambut didominasi bahan berkayu dan seresah mentah, guludan yang dibentuk mudah berubah, oleh karena itu sering dilaksanakan pembakaran setempat dan terkontrol untuk mengurangi bahan-bahan tersebut.

Penerapan sistem surjan ini sangat cocok untuk lahan gambut yang berada di dalam areal pasang-surut. Sepanjang kelarutan garam NaCl tidak menimbulkan kendala, maka air pasang dapat melarutkan bahkan membawa keluar larutan masam dari dalam selokan, dan menukarnya dengan air yang lebih netral. Hal ini juga dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik.

-Pengapuran.

Pengapuran bertujuan secara teknis mengurangi kemasaman larutan tanah, dan secara kimiawi mengurangi konsentrasi ion H^+ di dalam larutan tanah. Pemberian kapurnya harus memperhatikan beberapa hal antara lain 1) sifat - sifat fisik tanah, 2) kandungan bahan organik 3) mutu kapur 4) jenis tanaman yang akan dibudidayakan, serta kadar Al-dd tanah permukaan. Berdasarkan sifat - sifat tanah terutama pH tanah, perkiraan kebutuhan kapur untuk meningkatkan pH tanah disajikan dalam gambar 41.



Gambar 41. Hubungan kebutuhan kapur dan peningkatan pH tanah

-Pemupukan Intensif.

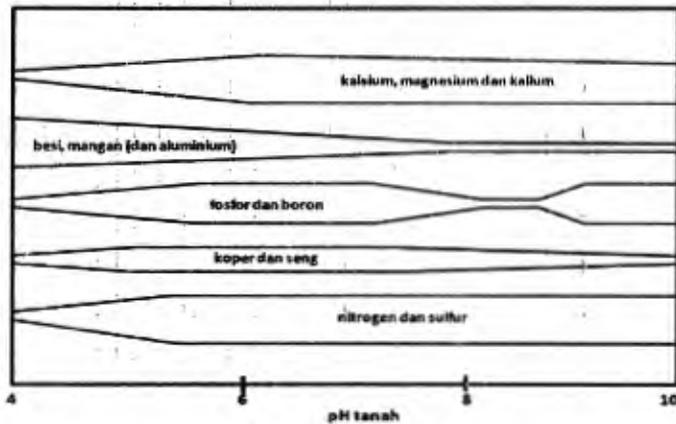
Lahan gambut terkenal dengan kemiskinan hara makro dan mikro tersedia. Pemupukan hara makro terutama ditujukan untuk meningkatkan ketersediaan hara nitrogen, fosfor dan kalium. Sedangkan hara mikro yang harus ditambahkan adalah kelompok hara mikro yang bersifat sebagai *micro element* bagi tanaman, yaitu, Fe, Mn, Bo, Cu, dan Zn.

E. Lahan Mineral Masam.

1. Pemahaman

Lahan mineral masam adalah hamparan lahan yang didominasi oleh tanah bereaksi masam, dengan kation tertukarkan berupa ion hidrogen. Dengan kata lain, lahan

mineral masam juga dicirikan dengan tingginya mobilitas ion H^+ yang berada di dalam larutan tanah. Dengan semakin tingginya kelarutan ion hidrogen ini menyebabkan pH tanah menjadi rendah. Pada tingkat lanjut ion tertukarkan dalam tanah masam dapat juga berupa ion aluminium terhidrat yang dapat menurunkan pH tanah. Sifat-sifat kemasaman tanah dapat berpengaruh langsung maupun tidak langsung kepada tanaman. Pengaruh langsung kepada tanaman menyebabkan terciptanya pembatasan pertumbuhan beberapa tanaman pada kisaran pH tertentu, sehingga ada tanaman yang dapat tumbuh pada kisaran pH tanah rendah atau masam (seperti teh dan karet). Sedangkan pengaruh tidak langsung berkaitan dengan ketersediaan hara tanah bagi tanaman sebagaimana gambar 42.



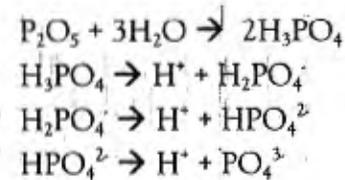
Gambar 42. pH tanah dan ketersediaan hara dalam tanah

Dari ragaan gambar di atas, dapat dipastikan bahwa sebagian besar ketersediaan hara tanaman berada di sekitar pH

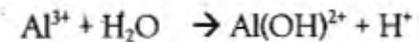
netral (pH 5,5 - 7,5), terutama unsur - unsur hara makro. Sedangkan unsur hara mikro berada pada kondisi minimal, karena memang hanya dibutuhkan tanaman dalam jumlah relatif sedikit.

pH tanah rendah di lahan mineral masam juga memunculkan ketidak-efisienan pemupukan hara P (fosfor). Hal ini dapat disebabkan karena pada pH masam, mobilitas ion Al terhidrat dapat menyerang fraksi pupuk P (P_2O_5) pada berbagai tahap ionisasi pupuk P sebagai berikut :

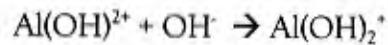
Pupuk SP-36 ($36\%P_2O_5$) di dalam tanah akan bertemu air sehingga akan terjadi reaksi :



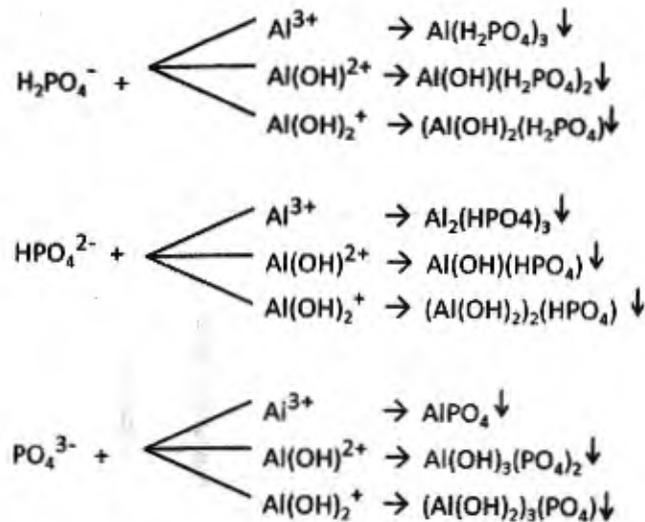
Di dalam tanah mineral masam, ion Al dapat dilepas dari kompleks padatan tanah menuju larutan tanah. Ion Al^{3+} ini dapat bereaksi dengan air membentuk fraksi ion Al yang memiliki mobilitas tinggi. Dengan reaksi sebagai berikut :



jika kondisi larutan tanah agak netral/agak masam (karena masuknya ion OH^- ke dalam larutan tanah tersebut), maka dapat terjadi reaksi :



Masing - masing fraksi dari Aluminium ini (baik Al(OH)^{2+} maupun Al(OH)_2^+) dapat bereaksi dengan ion fosfat (pada berbagai tahap ionisasi asam fosfat) pupuk untuk kemudian membentuk senyawa tidak larut dan menjadi tidak dapat diserap tanaman, seperti reaksi di bawah ini :

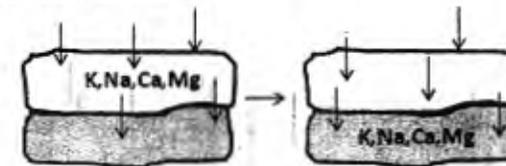


Dari reaksi di atas dapatlah dipahami bahwa sebelum kemasaman tanah dapat ditanggulangi, maka setiap upaya pemupukan fosfat tidak akan mendapatkan hasil memuaskan, karena sebagian unsur fosfat-pupuk akan diikat oleh fraksi aluminium terhidrat menjadi senyawa tidak larut.

2. Perkembangan lahan mineral masam.

Lahan mineral masam dapat berkembang dari salah satu proses pencucian kation basa yang terjadi dalam proses pembentukan tanah Latosol dan Podsolik, sehingga tidaklah heran jika lahan - lahan mineral masam di Indonesia didominasi oleh kedua jenis tanah tersebut. Kation - kation basa yang berasal dari kelompok logam alkali tanah seperti K, Na, Ca dan Mg merupakan kelompok logam yang sering disebut sebagai 'pembawa sifat - sifat kebasaaan' (*hydroxide carrier*), artinya adalah bahwa kation - kation tersebut cenderung membentuk senyawa - senyawa basa. Dengan hadirnya sifat - sifat kebasaaan dalam larutan tanah (konsentrasi ion OH^- makin tinggi), dapat dipastikan bahwa pH tanah akan meningkat. Sementara itu, jika kation - kation basa ini kurang atau tidak terdapat dalam suatu larutan tanah, maka dapat dipastikan akan terjadi peningkatan konsentrasi H^+ , dan pH tanah menurun.

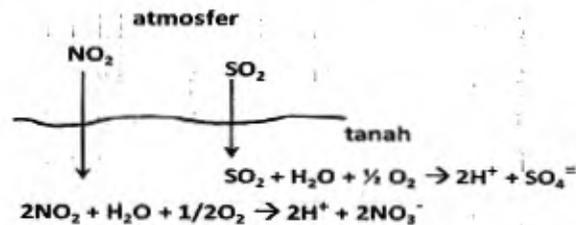
Proses pencucian kation basa pada umumnya terjadi pada tanah-tanah yang telah lama terendapkan di suatu tempat (berumur tua). Dalam waktu cukup lama, curah hujan yang turun di tempat tersebut, secara berangsur - angsur aliran air ke dalam tanah, dapat menjadi gaya pemindah materi atau bahan - bahan dari atas dan diendapkan dalam lapisan tanah yang lebih bawah, sebagaimana ilustrasi dalam 43.



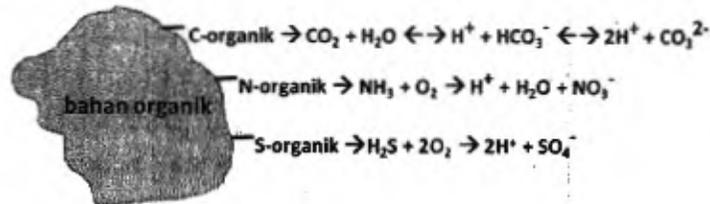
Gambar 43. Proses pencucian basa.

Pemindahan materi dari lapisan atas ke lapisan tanah yang lebih bawah, secara berangsur - angsur akan membuat berkurangnya kation basa di lapisan atas, dan sebagai akibatnya, lapisan atas tanah (*top soil*) akan mengalami defisit ion OH⁻ yang menyebabkan tanah bersifat masam. Di samping proses pencucian basa, lahan mineral masam dengan berbagai tingkat kemasaman, dapat berkembang dari beberapa proses antara lain :

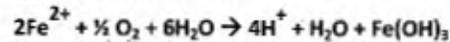
a. proses pelarutan gas di atmosfer oleh air hujan.



b. Perombakan bahan organik.

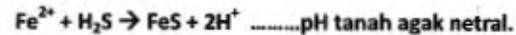


c. Proses oksidasi ion besi.

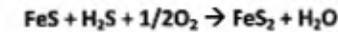


-Pembentukan FeS, Pirit (FeS₂) dan oksidasi FeS₂

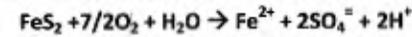
-saat tergenang.



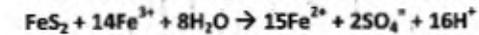
-saat drainase dilaksanakan.



-drainase menyebabkan oksidasi.



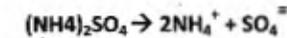
Bila masih terdapat Fe³⁺, reaksi dapat berlanjut :



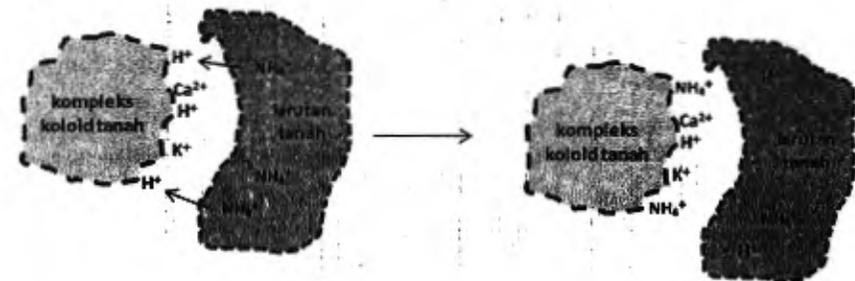
pH tanah < 3,50

d. aplikasi pemupukan.

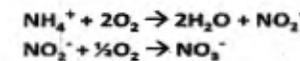
Misal pemupukan ZA dengan rumus kimia (NH₄)₂SO₄ di dalam tanah mempunyai dua proses utama, yaitu :



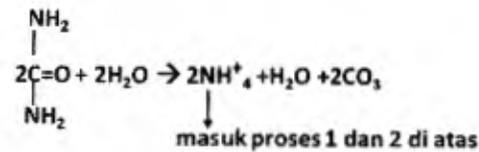
-proses 1.



-proses 2. (nitrifikasi NH₄⁺)



Jika pupuk Urea yang diberikan ke dalam tanah, akan memiliki reaksi sebagai berikut :



e. *bahan induk*

Bahan induk tanah yang bersifat masam cenderung berkembang menjadi tanah masam

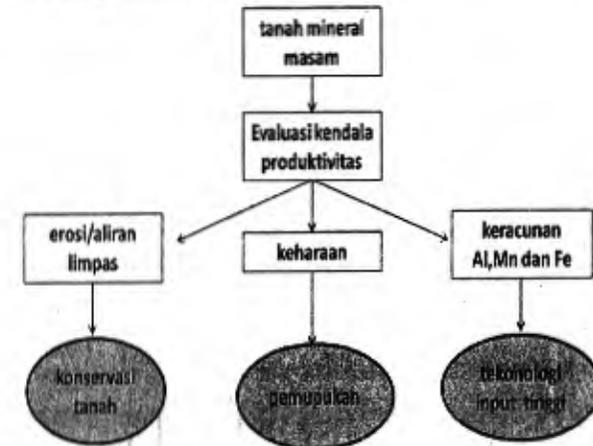
f. *kegiatan mikroorganisme.*

Perubahan ion ammonium menjadi ion nitrit dan kemudian diubah menjadi ion nitrat selalu melibatkan aktivitas bakteri nitrosomonas, nitrobacter. Sedangkan pembentukan tanah sulfat masam dipengaruhi oleh aktivitas bakteri pereduksi sulfur (*desul-fivibrio*) dan bakteri pengoksidasi sulfur (*thiobacillus*).

3. Pendekatan permasalahan tanah mineral masam.

Permasalahan yang muncul pada tanah mineral masam pada umumnya tidak hanya memiliki satu kendala dan keterbatasan saja, tetapi lebih banyak ke arah cekaman banyak kendala (*multifactors stress*). Hampan tanah mineral masam secara umum memiliki kendala produktivitas yang disebabkan oleh penipisan solum tanah karena erosi. Erosi yang terjadi akhirnya akan memunculkan pula masalah ikutan seperti berkurangnya cadangan hara dan bahan organik. Berkurangnya

hara dari lapisan atas termasuk juga proses pelindian kation - kation basa yang berlangsung cukup lama, sehingga menyebabkan pH tanah masam, dan disertai dengan masalah ikutan lainnya yaitu naiknya mobilitas ion aluminium dan mangaan yang bersifat meracun tanaman. Berdasarkan pada tingkat kendala dan permasalahan yang muncul pada tanah mineral masam, maka dibuatlah skema pendekatan permasalahannya sebagai kerangka berpikir dalam gambar 44.



Gambar 44. Kerangka pikir penanganan lahan mineral masam.

Pilihan untuk macam teknologi yang dapat dipakai adalah :

-Teknologi Input Tinggi:

- Penanaman varietas unggul yang berdaya hasil tinggi.
- Dosis pemupukan yang cenderung tinggi.
- Pengapuran yang tepat
- Pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) secara intensif.

-Tehnologi Input Rendah :

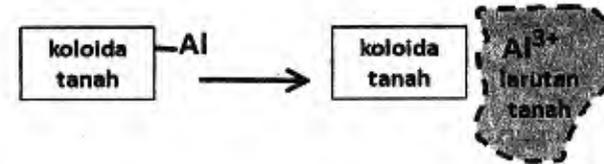
- Budidaya tanaman yang tahan keracunan Al dan Mn.
- Pengapuran terkontrol (seperlunya saja), dengan tujuan menekan kelarutan Al sampai pada taraf tidak toksik.
- Pemanfaatan batuan fosfat sebagai sumber P, dan meningkatkan serapan P dengan menggunakan mikorisa.
- Pemanfaatan proses penyematan N oleh jenis legum yang tahan kemasaman.
- Peningkatan efisiensi pupuk N dan K
- Mendorong pendauran hara lewat pemanfaatan limbah pertanian.
- Menanggulangi kekahatan S dan hara mikro lain.

4. Pengapuran tanah mineral masam.

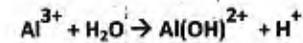
Masalah utama pada tanah mineral masam adalah munculnya intensitas ion H^+ dalam larutan beserta masalah ikutannya yaitu mobilitas Al^{3+} dan Mn^{2+} . Oleh karena itu program pengapuran sedapat mungkin ditujukan untuk menanggulangi masalah utama tersebut. Dikarenakan pengaruh toksisitas aluminium lebih banyak mendatangkan kerugian dan menjadi ciri khas tanah mineral masam, maka pengukuran ion aluminium dapat dipertukarkan (Al-dd) digunakan sebagai dasar penentuan kebutuhan kapur.

Toksitas ion aluminium bergantung dari situasi pH tanah dan terjadi dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

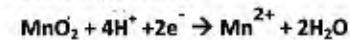
- pH tanah sangat masam.



untuk selanjutnya, di dalam larutan tanah akan terjadi reaksi yang menyebabkan tambahnya ion hidrogen :

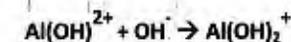


Reduksi Mn :

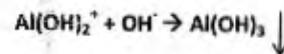


Kelarutan ion Mn dalam larutan tanah ini dapat membuat terlalu banyaknya ion tersebut terserap tanaman, dan dapat bersifat toksis bagi proses fisiologis tanaman.

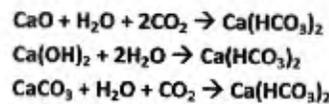
Pengapuran pertama kali bertujuan mengurangi mobilitas ion H^+ di dalam larutan tanah dengan memasukkan ion OH^- (sumber sifat sifat kebasaaan) sebagai pengikatnya. Oleh karena itu pemasukan bahan-bahan kapur sebetulnya adalah memasukkan bahan-bahan pembawa sifat kebasaaan (*alkaline/hidroxyde carrier*) seperti logam-logam basa K, Na, Ca dan Mg. Dengan masuknya ion OH^- dalam larutan tanah membuat pH tanah menjadi naik dan bersifat agak masam, dengan reaksi sebagai berikut :



Penambahan ion OH⁻ sampai pada batas - batas tertentu dapat membuat pH tanah netral, dengan reaksi :

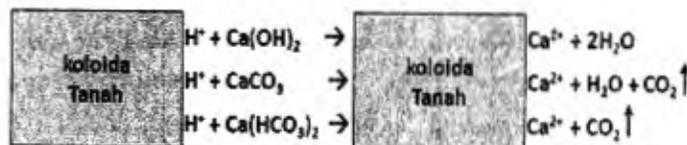


Dengan telah mengendapnya ion Al, maka toksisitas Al bagi tanaman dapat dikurangi, serta ikatan fraksi-fraksi ion Al dengan hara fosfat dapat dikurangi, sehingga ketersediaan unsur P dapat ditingkatkan. Kalsium dan kalsium-magnesium merupakan sebagian dari logam basa yang paling sering digunakan sebagai bahan dasar pengapuran. Bahan-bahan kapur ini di dalam tanah akan memberikan reaksi sebagai berikut :

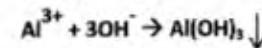
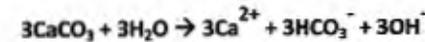


Bahan-bahan kapur ini jika dimasukkan ke dalam tanah dapat mengatasi kemasaman potensial dan aktual.

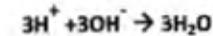
Kemasaman potensial adalah jerapan H⁺ di dalam situs atau kompleks koloid tanah. Jerapan H⁺ ini sewaktu-waktu dapat dilepaskan ke dalam larutan tanah, dan menyebabkan pH tanah menjadi masam. Dengan adanya pengapuran, kemasaman potensial ini dapat teratasi sebagaimana reaksi di bawah ini :



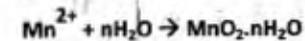
Sedangkan kemasaman aktual menyatakan banyaknya kehadiran ion H⁺ di dalam larutan tanah dan secara nyata menyebabkan pH tanah turun. Pemberian bahan kapur menyebabkan reaksi sebagai berikut :



Netralisasi H⁺



oksidasi ion Mn²⁺



F. Lahan Bergaram

1. Pemahaman

Lahan bergaram dapat terjadi jika di dalam lapisan tanah atas (*topsoil*) terdapat longgokan (*accumulation*) bahan-bahan garam. Pengumpulan bahan garam di lapis atas ini terjadi lantaran tidak adanya cukup air yang dapat melindi ke bawah. Bahan bergaram ini biasanya terjadi di daerah kering atau Arida dan Semi Arida serta utamanya berupa pengumpulan garam klorid dan sulfat dari kalsium, magnesium, natrium (sodium) dan kalium (potassium).

Kandungan garam yang tinggi dalam tanah bergaram (tanah salin atau tanah alkalin) terutama garam yang berada dalam larutan tanah dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman dapat menyerap larutan tanah

(air) jika potensial air (konsentrasi) di luar akar lebih rendah dibanding di dalam sel akar. Untuk menyerap air dari dalam tanah yang bergaram tanaman harus menaikkan konsentrasi larutan dalam sel akarnya. Untuk melakukan hal semacam ini, larutan tersebut (*osmotic regulation*) dapat berasal dari senyawa organik yang memang dapat diproduksi tanaman atau ion - ion garam dari dalam tanah.

Terdapat tanaman yang secara cepat dapat mengakumulasi garam - garam dalam tubuhnya untuk mengantisipasi kegaraman, misalnya golongan hallophyta. Oleh karena itu rumput dan semak dari keluarga Hallophyta ini digunakan sebagai pencegah erosi tanah - tanah garaman. Sementara itu, untuk tanaman non-hallophyta, dapat menurunkan potensial air internal, dengan mengakumulasi larutan - larutan organik dalam selnya, terutama dalam sel-sel akar untuk sementara waktu mencegah terjadinya plasmolisis.

Tanah salin atau alkalin didefinisikan sebagai tanah yang memiliki konduktivitas listrik (*electrical conductivity*) lebih besar dari 4 mmhos/cm pada suhu 25°C dan memiliki rasio serapan sodium (*Sodium Adsorption Ratio, SAR*) sekitar 15%, serta pada umumnya pH tanahnya di atas 8,5. Bila kondisinya kering, tanah salin sering dikenal lewat munculnya kerak - kerak garam yang berwarna putih, keabuan di permukaan tanahnya.

2. Proses perkembangan tanah salin.

Tanah Salin kebanyakan berkembang di daerah beriklim kering (Arida), dengan ciri bulan kering mendominasi kondisi iklim sepanjang tahun. Dengan dukungan temperatur tinggi,

proses evaporasi berlangsung dari waktu ke waktu, dan hal ini menimbulkan gerakan kapiler ke atas (melawan gaya gravitasi). Gerakan kapiler ini dapat membawa materi garam serta kemudian diendapkan di lapisan atas.

Proses perkembangan tanah salin dapat terjadi lewat proses proses :

-Kalsifikasi.

Proses terjadinya gerakan kapiler di daerah bervegetasi rumput, sehingga terjadi akumulasi CaCO_3 di lapisan atas.

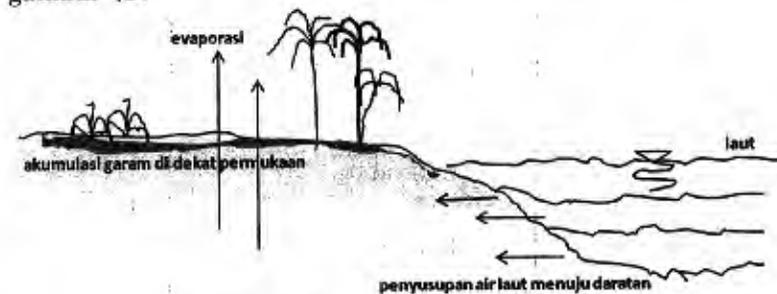
-Salinisasi

Evaporasi dan gerakan kapiler menyebabkan penimbunan garam klorida, sulfat, nitrat, karbonat dan bikarbonat di lapisan atas.

-Alkalisasi

Evaporasi terjadi di lingkungan laut dan pada proses penimbunan air laut, terjadi akumulasi garam NaHCO_3 dan Na_2CO_3 .

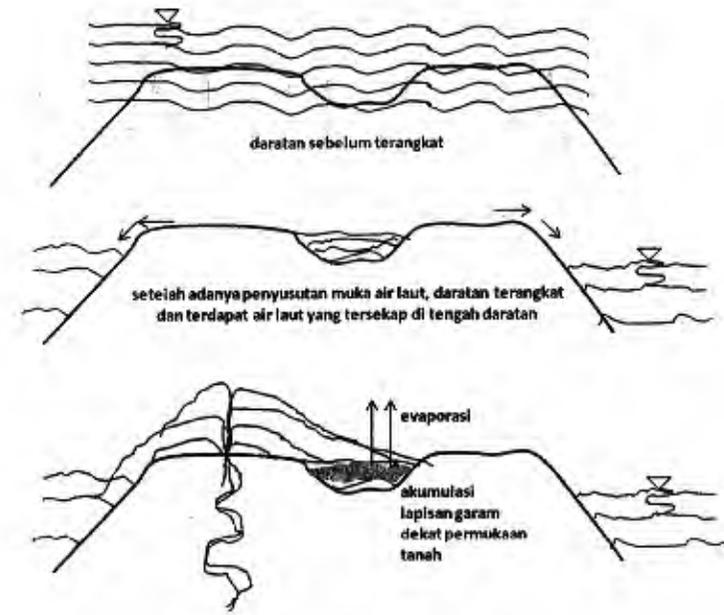
Proses terjadinya tanah garaman dapat diragakan dalam gambar 45.



Gambar 45. Proses pembentukan lahan bergaram.

Laut yang berbatasan dengan pantai yang porus, menyebabkan air laut dapat menyusup ke arah daratan sampai berpuluh - puluh meter. Penyusupan air laut ini menyebabkan terdapatnya air tanah dengan kandungan garam. Jika hal ini terjadi di daerah bertemperatur tinggi, dapat terjadi proses evaporasi yang akan diikuti oleh gerakan kapiler yang akan membawa materi - materi garam untuk diendapkan di tanah lapisan atas. Proses ini menyebabkan munculnya tanah bergaram atau tanah salin. Proses yang lain adalah terjadinya sekapan endapan air laut di tengah daratan yang terangkat karena terjadi penyusutan tinggi permukaan air laut sebagaimana gambar 46.

Suatu bentang daratan yang sebelumnya berada di bawah permukaan air laut, dapat muncul di atas permukaan air laut, jika secara global air laut mengalami penyusutan. Bentuk bentuk permukaan daratan (kondisi geomorfologi) yang menyerupai cekungan di tengah daratan merupakan tempat sekapan air laut. Sehingga sewaktu daratan tersebut betul - betul terangkat dan terpisah dari ekosistem lautan, sekapan air laut ini menjadi sumber kegaraman di tengah daratan. Bila muncul suatu aktivitas vulkan ataupun erosi lanjutan yang menyebabkan cekungan tersebut tertutup materi yang lebih muda umurnya, maka sekapan air laut ini menjadi air tanah dengan kandungan garam yang bila ter-evaporasi ke atas, dapat memunculkan tanah garaman yang berada di tengah daratan.

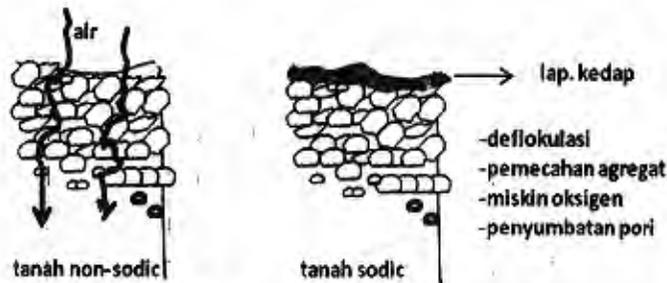


Gambar 46. Pembentukan lahan bergaram di tengah daratan.

3. Sodisitas.

Tanah bergaram yang secara spesifik disebabkan tingginya konsentrasi ion Na^+ di dalam larutan tanah disebut dengan sodisitas dan menciptakan tanah Sodic. Unsur Na bersifat toksik bagi tanaman tertentu. Di samping itu diameter ion Na yang cukup besar (lebih besar diameter pori - pori tanah), maka jika ion ini masuk ke dalam pori - pori tanah dapat memecah agregat tanah. Dengan demikian menjadi ciri khas, bahwa tanah - tanah yang memiliki kandungan ion Na tinggi, struktur tanahnya cenderung lepas-lepas. Proses pemecahan agregat ini dapat membuat tanah bersifat kedap (*impermeable*) sehingga larutan garam dapat terkumpul lebih banyak lagi. Sedangkan untuk

tanah - tanah non-sodic (tanpa kendala ion Na) air yang datang dapat terinfiltrasi masuk ke dalam tubuh tanah melalui pori - pori tanah dan air gravitasi dapat bergerak bebas masuk ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam. Proses penghambatan infiltrasi air antara tanah non-sodic dan tanah sodic disajikan dalam gambar 47.



Gambar 47. Perbedaan tanah non-sodic dan tanah sodic

Bencana tsunami yang melanda kawasan Nangroe Aceh Darussalam (NAD) dan kepulauan Nias pada tanggal 26 Desember 2004 di samping menyebabkan terjadinya pengendapan lumpur bercampur pasir yang berasal dari material dasar laut dangkal (dari kawasan dekat pantai) di atas lahan-lahan pertanian dan saluran air (irigasi dan drainase), juga telah terjadi peningkatan kadar garam tinggi sebagai akibat genangan air laut yang masuk selama proses tsunami terjadi. Peningkatan kadar garam tinggi terbukti meningkatkan kadar ion Na di dalam tanah dan di beberapa kawasan telah membentuk lapisan tanah sodic dengan ciri-ciri sebagaimana disajikan dalam gambar 47 di atas. Sebagai akibatnya, petani dari kawasan tersebut tidak dapat lagi memperoleh hasil yang memuaskan, karena secara umum ion Na

bersifat meracun bagi tanaman. Endapan Na pada kedalaman efektif akar cenderung membuat penyiraman yang dilakukan petani menyebabkan terbentuknya larutan tanah yang konsentrasinya lebih tinggi di banding cairan sel akar, dan sebagai akibatnya terjadi gejala plasmolisis dan kematian akar. Tanaman yang berada dalam kawasan tercemar Na juga menunjukkan gejala ketidakseimbangan unsur hara dan kegagalan panen.

Kandungan Na dalam tanah garaman jika melebihi 15% mempunyai pengaruh paling besar bagi proses serapan air dan hara. Kandungan ion Na^+ (tertukar) ditetapkan berdasar nilai ESP (*exchange sodium procentage*), yang merupakan nilai pembandingan banyaknya ion Na^+ terhadap kation - kation lainnya yang dinyatakan dalam :

$$\text{ESP} = \frac{\text{ion Na tertukar}}{\text{kapasitas penukaran kation}} \times 100\%$$

Secara spesifik, kandungan ion Na^+ juga dibandingkan dengan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang nilainya disebut dengan SAR (*sodium adsorption ratio*) sebagai berikut :

$$\text{SAR} = \frac{\text{ion Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}} \times 100\%$$

4. Pengelolaan lahan bergaram.

Pengelolaan lahan garaman dapat dilaksanakan dengan reklamasi yang pada prinsipnya bertujuan untuk mengurangi kelebihan garam (salinitas), sodisitas (ion Na) dan logam alkali lainnya. Beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain :

a. Drainase

Drainase atau pengairan, pada prinsipnya hanya memasukkan sejumlah air ke dalam lahan baik langsung tanpa saluran (membanjiri) ataupun secara teknis lewat saluran yang telah dipersiapkan. Tujuan pengairan ini adalah menurunkan konsentrasi garam (pengenceran), dan bahkan dapat pula bertujuan mengusir larutan garam keluar dari lahan.

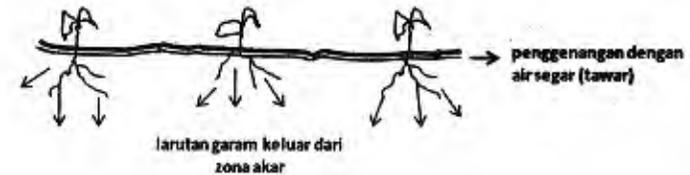
b. Pengolahan tanah dalam.

Untuk lahan garam yang memiliki lapisan kedap dan gangguan infiltrasi air dapat dilaksanakan pengolahan tanah bawah permukaan (*sub soil plowing*), agar lapisan kedap dapat terbuka secara mekanis oleh alat pengolahan tanah. Pengolahan tanah dalam ini juga dimaksudkan untuk membalik lapisan tanah permukaan yang banyak mengandung kadar garam terutama ion Na.

c. Pelindian kegaraman dengan air segar.

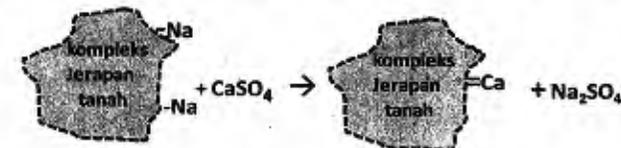
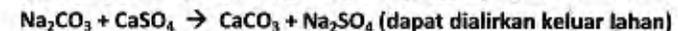
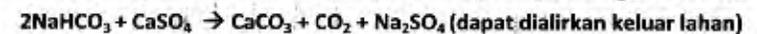
Memasukkan air segar ke dalam lahan dapat dilakukan jika di dekat areal tersebut terdapat aliran sungai dengan debit air cukup. Jika kendala kegaraman ringan, pengairan menggunakan air segar hanya bertujuan mengusir garam ke luar dari zona perakaran. Untuk lahan - lahan yang secara teknis telah dikelola dengan baik dapat dipasang saluran teknis yang mempunyai lubang di dekat tanaman (*drip*). Lubang ini secara periodik mengeluarkan air segar dan diharapkan sedikit demi sedikit dapat mengusir larutan garam ke luar dari zona akar. Jika pembangunan saluran teknis tidak mungkin dilakukan, dapat ditempuh langkah penggenangan asal sumber air mencukupi

(misal dekat aliran sungai) sebagaimana diragakan dalam gambar 48.



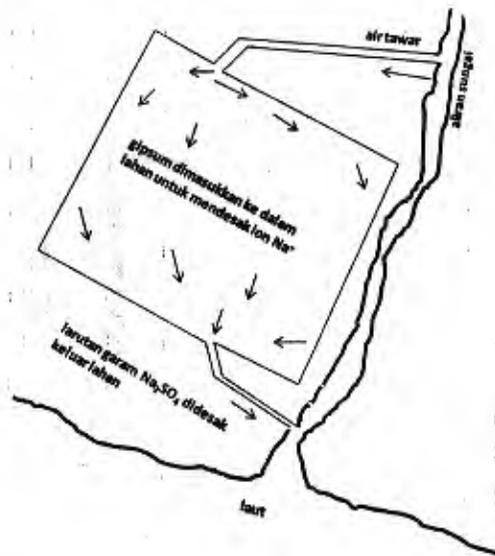
Gambar 48. Metode pengurangan kandungan garam.

Sementara untuk lahan dengan kendala garam berat, dapat dilakukan pendesakan ion Na agar keluar dari kompleks jerapan tanah dengan menambahkan gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Bahan gypsum ini akan bereaksi dengan kandungan garam yang ada dalam tanah garam (NaHCO_3 dan Na_2CO_3) sebagai berikut :



Setelah Na berhasil lepas dari kompleks jerapan, barulah pengairan diberikan untuk mengusir larutan garam ke luar dari lahan sebagaimana disajikan dalam gambar 49.

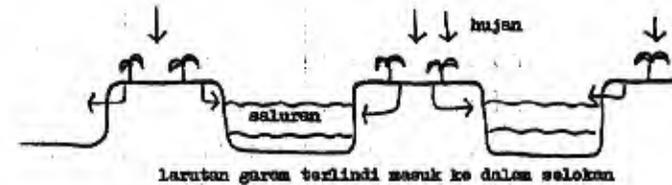
Gambar 49 memperlihatkan bahwa air segar (tawar) yang berasal dari kawasan hulu merupakan bahan utama dalam pengelolaan lahan dengan kendala garam serius. Metoda ini lebih efektif dijalankan pada saat air laut di kawasan muara sedang mengalami masa surut, dengan demikian arus sungai memiliki tenaga alir yang cukup kuat untuk masuk dan mengalir ke dalam petak lahan yang akan diusahakan untuk kemudian mendesak garam Na_2SO_4 hasil reaksi antara ion natrium dan gypsum ke luar lahan menuju badan sungai dan akhirnya dialirkan menuju kawasan muara.



Gambar 49. Pendesakan natrium lahan bergaram.

d. Sistem surjan.

Penyiapan lahan dengan cara cut (mengeruk) suatu bagian lahan dan fill (menimbun) bagian lahan lain yang berdekatan, sehingga dapat membentuk pasangan tabukan (selokan) dan guludan (bedengan). Bedengan dipergunakan untuk bercocok tanam, sementara selokan dipergunakan sebagai saluran penampung dan pembuang (drainase) larutan garam yang terlindi air hujan (air irigasi) dari bedengan. Sistem surjan di lahan garaman diperlihatkan dalam gambar 50.



Gambar 50. Penerapan sistem surjan di lahan bergaram

Proses pelindian kandungan garam dari bidang olah sangat bergantung kepada intensitas hujan, ataupun air irigasi. Sistem surjan diterapkan di awal musim hujan, atau jika tersedia cukup air dari jaringan irigasi, dapat diterapkan di akhir musim kemarau. Satu hal yang harus selalu dimonitor adalah imbangannya antara proses pelindian dengan evaporasi. Dalam hal ini proses pelindian harus diupayakan lebih dominan dibanding proses evaporasi, karena jika cuaca sangat panas, proses evaporasi akan dapat mengembalikan kandungan garam ini ke dalam bidang olah.

e. *Pemulsaan dan pemupukan berimbang.*

Pengelolaan lahan bergaram di musim hujan lebih menguntungkan, karena curah hujan dapat melindi bahan bergaram ke luar dari lahan atau keluar dari zona perakaran. Sebaliknya di musim kemarau yang biasanya diikuti oleh proses penguapan air, menyebabkan senyawa garam terutama ion Na dapat kembali memasuki zona perakaran. Oleh karena itu pemanfaatan lahan bergaram di musim kemarau perlu diikuti oleh upaya-upaya untuk mengurangi laju penguapan air. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah penggunaan mulsa yang dapat mengurangi laju penguapan juga dapat menjaga kesetabilan temperatur tanah.

Lahan bergaram kadangkala menyebabkan tanaman tumbuh dalam kondisi kekurangan hara. Hal ini bisa disebabkan oleh dominasi ion Na dalam larutan tanah, sehingga menghambat serapan hara, juga rusaknya jaringan akar karena plasmolisis yang menyebabkan proses serapan hara tidak maksimal. Oleh karena itu, diperlukan upaya pemupukan berimbang untuk menambah ketersediaan hara, dan penambahan bahan organik ataupun arang sekam. Bahan organik di samping dapat mengontrol pH tanah akibat kegaraman, gugus negatifnya dapat menjerap kation Na. Penambahan bahan organik dan arang sekam diharapkan dapat memperbaiki struktur tanah yang cenderung rusak akibat desakan kation Na. Perbaikan agregat tanah akibat penambahan bahan organik dan arang sekam juga dapat meningkatkan kemampuan tanahnya dalam mengikat air.

BAB IV PRODUKSI BIOMASSA & PENGELOLAAN LAHAN BERKELANJUTAN

A. Konsep Produksi Berkelanjutan.

1. Pemahaman.

Produksi selalu melibatkan *input* (masukan), proses dan *output* (keluaran) serta *outcome* (dampak hasil akhir yang dapat mempengaruhi proses). Dalam konsep produksi biomassa, *input* meliputi komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik meliputi tanaman beserta peranan genetik yang mengikutinya, dan interaksi biologi dalam tanah, sedangkan komponen abiotik meliputi air, tanah dan iklim. Proses produksi dalam hal ini adalah seluruh proses fisiologi yang mempengaruhi metabolisme tanaman yang merupakan bentuk dari interaksi komponen biotik dan abiotik. *Output* dari proses metabolisme tanaman adalah segala bentuk produk biomassa yang diambil sebagai hasil tanaman. Sedangkan *outcome* adalah hasil akhir yang boleh jadi dapat mempengaruhi proses produksi selanjutnya, misalnya penurunan kesuburan tanah karena tidak cermatnya pengelolaan hara dan bahkan kerusakan lingkungan akibat rusaknya dukungan ekosistem kepada proses produksi biomassa selanjutnya.

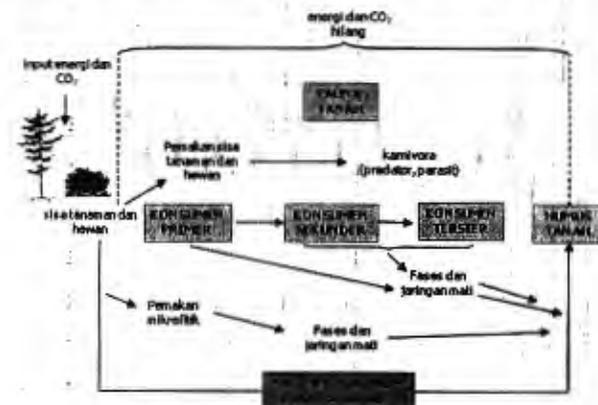
Dalam perspektif ekosistem, agroekosistem merupakan modal dasar bagi proses produksi biomassa yang berkelanjutan. Agroekosistem adalah ekosistem yang dibutuhkan dalam proses produksi biomassa, atau dapat juga dikatakan bahwa

agroekosistem adalah proses modifikasi ekosistem untuk memproduksi bahan pangan dan sandang. Elemen penting agroekosistem adalah produktivitas, stabilitas (daya tahan), pemerataan dan keberlanjutan ekosistem dalam suatu proses produksi. Produktivitas adalah setiap hasil yang dapat diperoleh dari setiap pengusahaan satuan sumberdaya. Stabilitas (daya tahan) menggambarkan sejauh mana daya tahan produktivitas terhadap perubahan yang terjadi dalam ekosistem. Pemerataan merupakan gambaran pola distribusi hasil dari modifikasi ekosistem. Keberlanjutan adalah kemampuan agroekosistem dalam mempertahankan produktivitas dalam jangka waktu lama meskipun terdapat pola perubahan dalam ekosistem, misalnya kekeringan atau banjir. Oleh karena itu setiap upaya memodifikasi ekosistem dalam proses produksi biomassa diharapkan tidak menimbulkan *outcome* yang bersifat merugikan kelestarian dan keberlanjutan fungsi komponen biotik dan abiotik.

Modifikasi ekosistem dalam kegiatan agroekosistem tidak dapat dilepaskan dari peran sentral lahan sebagai ruang berlangsungnya proses produksi biomassa. Dengan kata lain, konsep produksi biomassa akan sangat menggantungkan keberhasilannya kepada kualitas lahan. Oleh karena itu, *outcome* proses produksi biomassa lebih diarahkan kepada penjagaan agar lahan memenuhi beberapa hal yang berhubungan dengan keberlanjutannya, yaitu terjaganya tingkat produktivitas meskipun berada dalam pola perubahan ekosistem. Permasalahan ini akhirnya akan menitikberatkan kepada konsep kesehatan tanah dalam arti sempit dan kesihatan lahan dalam arti luas.

Pendekatan dari perspektif kesehatan tanah, tanah tidak lagi dipandang sebagai benda mati hasil bentukan alam yang merupakan hasil dari pelapukan batuan di permukaan bumi, tetapi tanah dipandang sebagai suatu sistem yang dinamis yang didalamnya terdapat komponen abiotik dan biotik

Komponen biotik merupakan lingkupan hayati yang terdiri dari kehidupan dan aktivitas flora dan fauna tanah. Di sisi lain bahan organik yang berasal dari tanaman dan hewan merupakan kumpulan senyawa yang mengandung energi dan karbon yang dibutuhkan bagi keberlangsungan jasad mikro dalam tanah. Oleh karena itu sistem hayati dalam tanah juga memasukkan bahan organik sebagai pemasok primer energi dan senyawa organik lain dalam sistem tersebut. Aktivitas hayati di dalam tanah secara umum menggambarkan hubungan dan interaksi antar komponen hayati dalam tanah, Brady (1990) menjelaskannya sebagaimana dalam gambar 51.



Gambar 51. Interaksi biologi di dalam tanah.

Konsumen primer merupakan kelompok pertama pemakan sisa tanaman dan hewan (detritivora), kelompok ini

adalah hewan dan mikroflora yang hidup dari jaringan mati dan jaringan tanaman yang telah hancur yang ada di dalam tanah. Sedangkan konsumen sekunder adalah kelompok predator dan parasit termasuk tanaman tingkat rendah seperti bakteri, jamur, ganggang (*Algae*) dan lumut kerak (*Lichenes*), dan sebagai kelanjutan dari rantai makanan di alam, terdapat konsumen tersier yang merupakan organisme yang menjadikan karnivora lain (konsumen sekunder) sebagai makanannya

Flora mikro juga akan menyerang bagian - bagian kecil dari fases dan jaringan mati yang ada dalam tanah, atas dasar inilah flora mikro dalam tanah disebut juga sebagai pengurai terakhir (*The Ultimate Decomposer*). Bagian akhir dari seluruh proses ini adalah terbentuknya fraksi bahan organik yang bersifat lebih stabil yang disebut humus tanah. (Brady, 1990).

Di dalam biosfer, energi akan mengalami siklus berulang ulang melalui jasad mikro yang berada dalam tanah (NRCS, 2004). Rantai makanan dalam tanah (*soil food web*) merupakan bagian dari siklus energi, hara dan air. Siklus energi dimulai pada saat energi matahari ditangkap oleh tanaman, dan tahap ini merupakan dasar bagi keberlangsungan rantai makanan. Ketersediaan hara ditentukan oleh sisa - sisa tanaman dan hewan yang berada dalam tanah, serta siklus air dipengaruhi oleh interaksi antara tanah, tanaman dan jasad dalam tanah.

Lebih lanjut NRCS (2004) menyatakan bahwa rantai makanan dalam tanah berpengaruh pada siklus hara, stabilitas tanah dan erosi, kuantitas dan kualitas air serta kesehatan tanaman. Di dalam ekosistem tanah yang sehat, biota tanah mengatur aliran dan penyimpanan hara dalam berbagai cara,

misalnya mereka menguraikan sisa - sisa tanaman dan hewan, memfiksasi nitrogen atmosferik, mengubah bentuk nitrogen dan hara lain dalam bentuk bermacam - macam senyawa organik dan senyawa an-organik, melepaskan hara tanaman dalam bentuk dapat tersedia, memobilisasi fosfor, bentuk - bentuk asosiasi mikoriza untuk proses pertukaran hara, dan bahkan aplikasi pupuk harus melalui aktivitas jasad yang ada di dalam tanah sebelum dapat dimanfaatkan tanaman. Berbagai jenis jasad yang hidup di dalam tanah memainkan peran penting dalam proses pembentukan dan stabilisasi struktur tanah.

Di dalam ekosistem tanah yang sehat filamen jamur dan eksudat mikroba serta cacing membantu pengikatan antar partikel tanah membentuk agregat yang stabil dan meningkatkan infiltrasi air serta melindungi tanah dari erosi, pergerakan air dan pemampatan. Pori makro dibentuk oleh cacing dan binatang melata lain memudahkan infiltrasi dan gerakan air dalam tanah, serta struktur tanah yang baik akan memudahkan perkembangan akar. Dengan memperbaiki dan stabilisasi struktur tanah, jasad dalam tanah yang dinamis membantu menurunkan aliran limpas (*run off*), memperbaiki infiltrasi, dan kapasitas filtrasi tanah. Di dalam ekosistem tanah yang sehat, jasad mikro menurunkan pengaruh jelek dari polusi dengan kapasitas menyangga (*buffering capacity*), detoksifikasi (*detoxifying*), dan menguraikan bahan - bahan polutan, walaupun di sisi lain sejumlah kecil jasad mikro dalam tanah dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Di dalam ekosistem tanah yang sehat memiliki keragaman rantai makanan yang akan membuat organisme hama berada di dalam sistem kompetisi dan penciptaan musuh alami (*predation*).

Beberapa jenis jasad mikro dalam tanah dapat melepaskan senyawa tertentu yang dapat memacu pertumbuhan tanaman atau menurunkan kerentanan tanaman terhadap penyakit.

Interaksi biologi dalam tanah secara nyata memberikan pengaruh positif kepada pertumbuhan tanaman. Dengan kata lain ketergantungan tanaman kepada tanah sebagai medium tumbuh sebetulnya lebih mengarah kepada kualitas interaksi biologi dalam medium tumbuh terutama rizosfer (zona perakaran) atau bagian tanah yang dipengaruhi oleh metabolisme akar, sebagaimana yang disampaikan oleh Werner (1992) bahwa rizosfer akar adalah zona kontak antara akar dan tanah yang secara langsung dipengaruhi oleh metabolisme akar. Menurut Lynch (1990) rizosfer dapat dibagi menjadi tiga yaitu endorizosfer yaitu lapisan sel akar itu sendiri, rizoplane yaitu permukaan sistem perakaran dan ektorizosfer yaitu area atau ruangan di sekitar perakaran (Werner, 1992). Rao (1994) menyatakan bahwa rizosfer lebih banyak dicirikan oleh banyaknya kegiatan jasad mikro dibandingkan kegiatan di dalam tanah yang jauh dari perakaran. Intensitas kegiatan ini tergantung dari panjang jarak tempuh yang dapat dicapai eksudat (cairan yang dikeluarkan akar) sistem perakaran. Eksudat akar ini merupakan substrat yang dibutuhkan jasad mikro, oleh karenanya jasad mikro terutama bakteri, jamur dan aktinomisetes di sekitar akar berjumlah lebih banyak dibandingkan bagian tanah lainnya. Bahkan Barber (1984) menyatakan bahwa jumlah jasad mikro di dalam rizosfer bisa 10 kali lebih banyak dibanding jumlah yang ada dalam seluruh satuan massa tanah.

Bais *et al.* (2006) menyatakan bahwa rizosfer meliputi ruang di sekitar akar tanaman pada jarak beberapa milimeter yang di dalamnya terdapat kompleks biologis dan proses ekologi, serta menjadi mediasi interaksi biologi di dalam tanah. Rizosfer ini juga menggambarkan dinamika tinggi proses interaksi antara akar dan mikroba yang menguntungkan dan yang merugikan (patogen), invertebrata dan pesaing sistem perakaran. Interaksi antara akar dengan akar, akar dengan mikroba dan akar dengan hama dikelompokkan menjadi asosiasi positif dan asosiasi negatif. Asosiasi yang bersifat positif antara lain asosiasi simbiotik dengan epifit dan jamur mikoriza, dan kolonisasi akar oleh agensia kontrol biologi oleh bakteri serta bakteri penghasil senyawa pemacu pertumbuhan (*Plant Growth Promoting Bacteria/PGPB*). Sedangkan asosiasi negatif antara lain kompetisi atau parasitisme dan alelopati antar tanaman, patogenesis yang ditimbulkan bakteri atau jamur dan invertebrata herbivor.

Dalam hubungannya dengan asosiasi positif dan negatif yang terjadi di dalam rizosfer, Rao (1994) menerangkan bahwa di dalam rizosfer terdapat kegiatan atau interaksi yang bersifat asosiatif dan antagonistik. Ketergantungan satu jasad mikro terhadap jasad mikro lain dalam hal produk ekstra-seluler, terutama asam amino dan zat perangsang tumbuh, dapat dianggap suatu efek asosiatif. Banyak hasil studi yang dilaporkan dapat membuktikan bahwa ekstra-seluler bakteri, jamur dan algae tertentu meningkatkan pertumbuhan jasad mikro lain dalam kultur murni. Juga telah dapat diketahui adanya senyawa gibberelin dan senyawa yang serupa dengan gibberelin yang dihasilkan oleh genus-genus bakteri yang umumnya dijumpai

dalam rizosfer seperti *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas* dan *Agrobacterium*. Peningkatan perkecambahannya yang sering diamati karena inokulasi *Azotobacter* mungkin disebabkan oleh senyawa perangsang pertumbuhan yang diekskresikan bakteri tersebut. Sekresi antibiotik oleh jasad mikro dan penghambatan pertumbuhan secara biologis terhadap jasad lain telah dapat ditunjukkan dengan baik di dalam tanah maupun dalam kultur murni. Sifat antagonistik ini menarik untuk diteliti dan dikembangkan lebih lanjut terutama dalam memberikan penghambatan pertumbuhan jasad mikro yang bersifat patogen bagi tanaman.

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan para pakar terhadap kandungan bahan organik baik yang berasal dari sisa - sisa tanaman maupun masukan bahan organik segar, serta aktivitas dekomposisi yang ditimbulkannya menjadi masalah dan perhatian pakar lingkungan dan pertanian. Dampak pengelolaan sisa - sisa tanaman terhadap bahan organik tanah dan kesuburan jangka panjang telah menjadi perhatian besar dalam penelitian sebagai upaya meningkatkan kualitas tanah dan kesehatan tanah, terutama dalam menopang penyediaan hara tanaman lewat proses interaksi biologi selama proses dekomposisi bahan organik. Proses mineralisasi disamping dipengaruhi oleh macam bahan sumber bahan organik dan keragaman hayati juga oleh situasi lingkungan terutama temperatur dan kondisi kelembaban tanah. Deevre dan Horwath (2000) telah merakit sebuah percobaan yang mencoba menguji efisiensi dekomposisi jerami padi dan karbon mikrobal di bawah temperatur dan kelembaban yang berbeda dari sawah aerob dan an-aerob. Proses pembedaan

proses dekomposisi (mineralisasi karbon) yang berjalan dalam sawah aerobik dan sawah an-erob didasarkan pada pemahaman bahwa dalam suasana aerobik dekomposisi bahan organik dapat berjalan dengan baik dan hal ini dapat dilihat dari produksi CO_2 , sedangkan dalam suasana an-aerob ada kecenderungan penurunan mineralisasi karbon dan akan meningkatkan emisi metan (CH_4).



Gambar 52. Produksi berkelanjutan dan komponen yang mempengaruhi.

Dalam pembahasan yang lebih makro, keberlanjutan produksi biomassa bukan saja diarahkan bagi ketercapaian kualitas pangan saja, tetapi juga keamanan pangan. Kualitas pangan meliputi mutu dan kandungan gizi bagi kepentingan kesehatan manusia. Menurut Undang-undang No 18 Tahun 2012 tentang Pangan, Pasal 1 ayat (5) dinyatakan bahwa keamanan pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan dan

membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan dan budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi.

Produksi yang berkelanjutan dipengaruhi oleh banyak faktor yang saling terkait sebagaimana gambar 52. Produksi berkelanjutan pada dasarnya mempertahankan komponen-komponen produksi yang terdapat di dalam agroekosistem agar selalu berinteraksi membentuk sebuah sistem dukungan produksi yang maksimal. Lahan sebagai modal dasar harus dapat dipertahankan produktivitasnya yang dalam hal ini akan bersangkut paut dengan imbangannya antara kandungan air, udara dan status hara di dalam tanah, termasuk di dalamnya adalah upaya manusia dalam mengelola kesuburan tanah melalui pemupukan dan upaya pemberantasan hama terpadu dengan menggunakan pestisida secara bijaksana. Keragaman hayati yang dititikberatkan kepada keseimbangan biologis yang memiliki pengaruh kepada terjaganya pasokan dan rantai pangan di dalam tanah, siklus hara yang melibatkan jasa jasad mikro dalam tanah, dan terjaganya keseimbangan musuh alami. Produksi berkelanjutan dalam rangka mempertahankan konsep agroekosistem yang memiliki daya tahan dan keberlanjutan produksi melalui upaya-upaya mengantisipasi perubahan iklim akibat gas rumah kaca, baik melalui penetapan strategi adaptasi dan reduksi yang tepat dan bersifat spesifik lokasi.

2. Perubahan iklim dan produksi berkelanjutan.

Pemanasan global dan hubungannya dengan terbentuknya gas rumah kaca (GRK) telah banyak dibicarakan orang menjelang akhir abad XX. Hampir sebagian besar orang yang menaruh perhatian kepada kesehatan lingkungan dan penjagaan kualitas kehidupan menyatakan bahwa pemanasan global dapat memberikan usikan kepada berbagai aspek kehidupan. Pemanasan global yang diikuti oleh naiknya permukaan air laut, berkurangnya luas daratan dan bergesernya pola hujan dan pusat penghasil pangan merupakan kejadian alam ikutan akibat berubahnya rupa muka bumi. Pemanasan global menyebabkan terjadinya perubahan pola iklim global dunia. Iklim antar kawasan secara berangsur-angsur dapat berubah, dan fenomena perubahan paling mencolok yang dapat dirasakan adalah kenaikan temperatur kawasan yang diikuti oleh gejala kekeringan panjang dan kebakaran hutan, serta penurunan temperatur yang diikuti oleh kenaikan curah hujan, naiknya potensi ancaman banjir, tanah longsor dan datangnya badai.

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki potensi cukup besar menerima dampak negatif dari perubahan iklim, baik fisik, ekologis, sosial-ekonomi serta pranata kelembagaan dan hukum. Dari segi fisik, perubahan iklim menyebabkan peningkatan gejala alam yang merugikan seperti bencana banjir, erosi, pendangkalan sungai dan danau, gelombang pasang dan berkurangnya luas daratan. Proses kebencanaan di permukaan bumi dapat menimbulkan penurunan kualitas lingkungan, baik di darat, lautan dan kawasan pesisir. Di kawasan yang mendapatkan peningkatan curah hujan, banjir dan longsor

menyebabkan tertimbunnya lapisan tanah subur oleh sedimentasi banjir, erosi dan longsor. Sedangkan di kawasan yang mengalami pengurangan curah hujan dan peningkatan temperatur, dapat mengalami pengurangan badan air di permukaan tanah, intrusi air laut, musnahnya ekosistem pesisir dan secara umum menurunkan produksi biomassa. Kebencanaan yang muncul akibat dari perubahan iklim mengakibatkan penurunan daya dukung alam dan agroekosistem melalui proses banjir, gelombang pasang, erosi dan longsor. Bencana ini berakibat kepada munculnya kerugian sosial dan ekonomi suatu bangsa, karena bencana selalu dapat menimbulkan korban jiwa, harta benda dan infrastruktur fisik. Lebih lanjut Muller (2009) menyatakan bahwa secara umum perubahan iklim dan keragaman kondisinya secara nyata merupakan ancaman bagi komunitas pertanian, terutama untuk kawasan - kawasan dengan lintang rendah. Ancaman ini dapat berujud meningkatnya kondisi cuaca ekstrim, meningkatkan cekaman air dan kekeringan serta beberapa masalah kesehatan karena infeksi penyakit, yang dampaknya dapat berlipat ganda jika upaya adaptasi yang dilakukan menemui kegagalan.

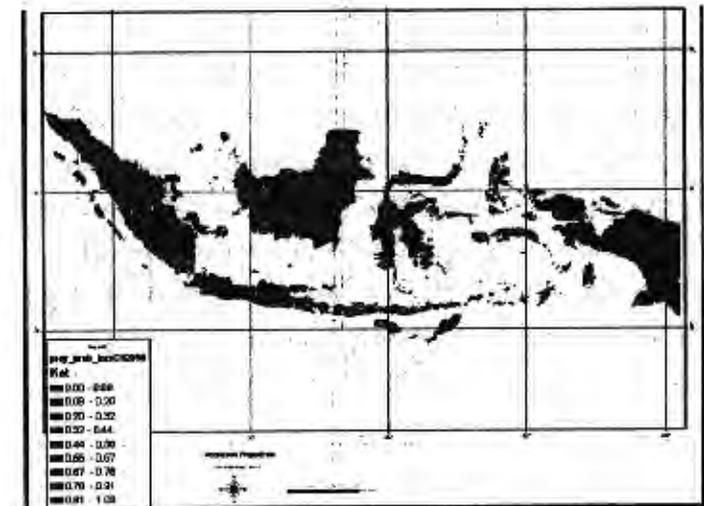
Pemanasan global sebagai penyebab perubahan iklim terus dikaji banyak pakar, terutama dalam hubungannya dengan skenario ketersediaan dan keamanan pangan, bahkan dalam publikasi tahun 2009, *International for Agriculture and Trade Policy*, dalam tajuk "*Agriculture and Climate, the Critical Connection*" menyatakan bahwa faktor utama yang mempengaruhi hasil pertanian adalah temperatur dan presipitasi (curah hujan). Walaupun di beberapa kawasan, perubahan temperatur dan

presipitasi akan memberikan keuntungan produksi terbatas, tetapi pada umumnya para pakar pertanian sepakat bahwa secara umum perubahan iklim akan memberikan hasil pertanian yang lebih rendah. Perubahan iklim berlangsung secara global, oleh karena itu, tidak ada satu negarapun yang mencoba memahami permasalahan perubahan iklim tanpa mempertimbangkan kawasan regional dan internasional, walaupun pada dasarnya pemahaman masalah ini, seberapa besar dampak yang akan muncul dan teknologi yang diterapkan sangat bergantung pada situasi sosial-ekonomi dalam negeri dan hubungan ekonomi antar negara. Slater, et al. (2007) menyampaikan bahwa terdapat ketidakpastian yang cukup besar dalam memproyeksikan dampak perubahan iklim bagi pertanian, terutama dalam upaya membuat kesamaan model yang secara global dapat berlaku di setiap kawasan pertanian serta ketersediaan lahan di kawasan dengan lintang berbeda. Banyak negara yang merasa bahwa sampai sekarang belum tersedia metoda yang cukup baik, yang dapat digunakan memprediksi pola perubahan iklim pada skala regional. Mahmud (tt) menyatakan bahwa pendekatan alternatif guna men-spesifikkan iklim yang akan datang adalah dengan cara skenario iklim. Skenario iklim adalah representasi logis yang didasarkan pada asumsi emisi GRK yang akan datang, termasuk terdapatnya polutan lain berdasarkan pemahaman efek peningkatan konsentrasi GRK pada iklim global, Selanjutnya range skenario dapat digunakan mengidentifikasi sensitivitas suatu unit penunjukkan perubahan iklim dan untuk menolong mengambil kebijakan dalam memutuskan suatu respon. Range skenario bukanlah suatu prediksi tetapi skenario iklim akan

menghasilkan indikasi logis dari apa yang akan terjadi pada satu dekade atau satu abad berdasarkan sekumpulan asumsi yang spesifik.

Fofana (2011) menyatakan bahwa perubahan iklim boleh jadi menyebabkan permasalahan serius di negara-negara sedang berkembang, karena menurut laporan tahun 2007, *Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC)* menyampaikan bahwa perubahan iklim dapat menurunkan hasil pertanian setidaknya sebesar 50%. Indonesia sebagai negara kepulauan berada di antara dua benua dan samudra besar yaitu Asia-Australia dan samudra Pasifik-Atlantik. Fluktuasi temperatur rata-rata di samudra Pasifik memberikan dampak langsung bagi kawasan ini. Di satu sisi, kawasan ini dapat mengalami kekeringan panjang, kegagalan panen, menurunnya ketersediaan air dan meningkatnya spot kebakaran hutan, sedangkan di sisi lain, adalah kenaikan curah hujan, dan banjir. Dari sudut pertanian, perubahan pola musim, secara berangsur dapat mengubah pola tanam dan komoditi yang dibudidayakan. Tim Sintesis Kebijakan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (2008) menyampaikan bahwa perubahan iklim akan menyebabkan a) seluruh wilayah Indonesia mengalami kenaikan suhu udara, dengan laju yang lebih rendah dibanding wilayah sub-tropis, b) wilayah selatan Indonesia mengalami penurunan curah hujan. Sedangkan wilayah utara akan mengalami peningkatan curah hujan. Perubahan pola curah hujan tersebut menyebabkan berubahnya awal dan panjang musim hujan. Di wilayah Indonesia bagian selatan, musim hujan yang makin pendek akan menyulitkan upaya peningkatan indeks

pertanaman apabila tidak tersedia varietas yang berumur lebih pendek dan tanpa rehabilitasi jaringan irigasi. Meningkatnya hujan pada musim hujan menyebabkan tingginya frekuensi kejadian banjir, sedangkan menurunnya hujan pada musim kemarau akan meningkatkan risiko kekeringan. Sebaliknya di wilayah Indonesia bagian utara, meningkatnya hujan di musim hujan akan meningkatkan peluang indeks pertanian, namun kondisi lahan tidak sebaik di Jawa. Wilayah Indonesia yang merupakan kawasan kepulauan, memiliki probabilitas peningkatan hujan yang berbeda-beda. Dalam hal ini, Mahmud (tt) menyampaikan bahwa probabilitas peningkatan hujan di Indonesia sampai dengan tahun 2050 terjadi bervariasi antara 0-0,08 sampai dengan 0,91-1,00 sebagaimana disajikan dalam 53.



Gambar 53. Proyeksi probabilitas peningkatan variabilitas hujan Indonesia 2050
Sumber : Mahmud (tt)

Perubahan iklim diprediksi memunculkan perbedaan pola curah hujan. Kawasan-kawasan di sekitar ekuator akan memiliki probabilitas tertinggi akan datangnya curah hujan, sementara kawasan di pulau Jawa dan sebagian besar kawasan Sumatra Selatan yang selama ini menjadi sentra produksi padi sawah hanya memiliki probabilitas peningkatan hujan maksimum sebesar 0,32.

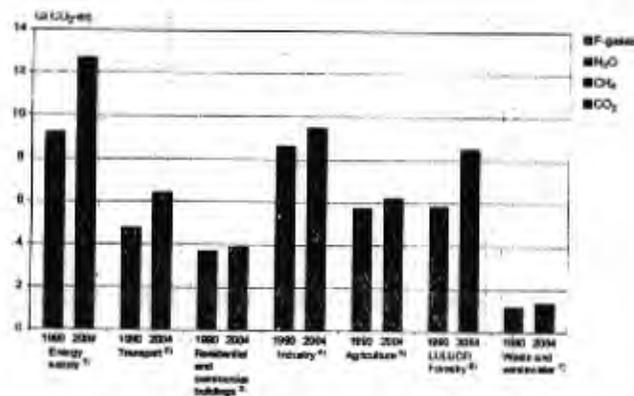
IPCC (2007a) mengindikasikan bahwa dalam waktu yang relatif lama akan terjadi fenomena alam sebagai dampak perubahan iklim global yang meliputi 1) kenaikan kelembaban permukaan tanah, fluktuasi temperatur siang dan malam yang besar, 2) peningkatan keseringan gelombang panas yang berakibat pada meningkatnya kebutuhan sediaan air, penurunan kualitas air, 3) peningkatan intensitas sinaran matahari di kawasan lembab yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air, 4) peningkatan kawasan yang mengalami kekeringan, 5) peningkatan intensitas badai tropik yang dapat mengganggu sediaan air bagi manusia dan 6) peningkatan kejadian gelombang pasang yang berakibat pada penurunan kualitas air bersih lewat proses intrusi air laut ke dalam wilayah daratan.

Perubahan iklim bersifat global, tidak terkecuali Indonesia juga dihadapkan oleh beberapa pilihan untuk bertindak. Pilihan tersebut terletak antara strategi reduksi dan atau adaptasi, sedangkan proses mitigasi terhadap dampak perubahan iklim, lebih banyak didekati dari sudut kebencanaan yang kemudian memunculkan tindakan yang harus dipersiapkan guna memperkecil dampak yang mungkin terjadi. Hal ini dikarenakan variabilitas agroekosistem yang muncul akibat sifat

kawasan kepulauan yang dibelah oleh garis ekuator, sehingga menjadi rumit untuk menetapkan standar mitigasi yang tepat bagi kepentingan pertanian. Laporan UNDP (2007) menyatakan bahwa beradaptasi terhadap perubahan iklim merupakan prioritas mendesak bagi Indonesia. Seluruh kementerian dalam pemerintahan dan perencanaan nasional perlu mempertimbangkan perubahan iklim dalam program-program mereka berkenaan dengan beragam persoalan seperti pengentasan kemiskinan, pemberdayaan masyarakat, keamanan pangan, pengelolaan bencana, pengendalian penyakit, dan perencanaan tata kota. Namun ini bukan merupakan tugas pemerintah pusat belaka, tetapi harus menjadi upaya nasional yang melibatkan pemerintah daerah, masyarakat umum, dan semua organisasi non-pemerintah. Atas dasar hal tersebut untuk masa depan bagi Indonesia dibutuhkan tipe birokrasi yang efektif dan mampu bersinergi dengan sesama kementerian, institusi dan organisasi masyarakat. Hal ini merupakan tugas berat pemerintah untuk dapat menghilangkan sifat ego-sektoral yang ada di beberapa kementriannya, karena IPCC (2007a) juga menyatakan bahwa walaupun banyak tersedia pilihan metode mitigasi, tetapi nampaknya hanya metode mitigasi yang berdampak luas saja yang diharapkan dapat menurunkan kerentanan yang muncul sebagai dampak perubahan iklim di masa depan. Walaupun demikian IPPC (2007b) juga menambahkan bahwa terdapat banyak penghalang, pembatas dan biaya yang semuanya itu tidak dapat dipahami secara jelas.

Strategi reduksi yang dapat dilakukan bidang pertanian dalam mengurangi laju pemanasan global dan perubahan iklim

sebenarnya dapat dimulai dari adanya kenyataan bahwa kegiatan pertanian merupakan salah satu penyumbang lepasnya GRK ke atmosfer. Irsal Las, dkk. (2006) menyatakan bahwa usaha tani padi merupakan penghasil GRK terutama gas metana (CH_4), N_2O dan CO_2 , khususnya di lahan sawah dan lahan pasang surut yang saat ini luasnya sekitar 8,50 juta hektar atau 6,5% dari luas total sawah dunia. Walaupun proporsinya tidak sebesar sektor industri, GRK yang terbentuk di lahan sawah dilaporkan ikut menyumbang pemanasan global yang berujung pada perubahan iklim.



Gambar 54. Perbandingan emisi gas rumah kaca dari berbagai sektor tahun 1990 dan 2004.

IPCC (2007a) melaporkan bahwa berdasarkan data yang diadaptasikan dari data Oliver, *et al.* (2005, 2006) pada tahun 2004 gas rumah kaca dapat berasal dari berbagai sektor yaitu pemakaian energi (25,9%), sistem transportasi (13,1%), hunian dan gedung-gedung komersial (7,9%), industri (19,4%), pertanian

(13,5%), ekosistem hutan alam dan proses deforestasi (17,4%), perairan; limbah cair dan air buangan (2,8%). Perbandingan yang dilakukan untuk beberapa tahun ke belakang (1999 dan 2004) membuktikan bahwa terjadi percepatan produksi gas rumah kaca, terutama yang berasal dari emisi gas fluor, N_2O , CH_4 dan CO_2 . Sebagaimana yang dilaporkan IPCC (2007a) dalam gambar 54.

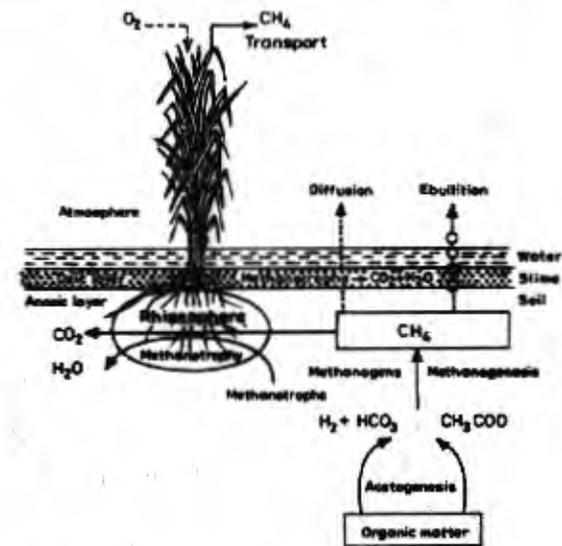
Selama hampir 15 tahun, sektor pemanfaatan energi memproduksi gas rumah kaca tertinggi (terutama dari CO_2 dan CH_4), kemudian disusul dari sektor industri (CO_2) dan ekosistem hutan yang meningkat tajam (CO_2). Sedangkan sektor pertanian menempati urutan ke 4, terutama produksi gas rumah kaca yang berasal dari N_2O dan CH_4 . Berdasarkan data ini, sumbangan pertanian dalam mereduksi perubahan iklim adalah menekan sekecil mungkin produksi gas N_2O dan CH_4 dari sistem lahan pertanian, serta meningkatkan ikatan karbon dalam bentuk senyawa organik (biomasa). Gas N_2O diproduksi melalui proses transformasi hayati terhadap nitrogen dalam tanah maupun dalam pupuk kandang. Gas ini juga dapat berasal dari proses pemanfaatan pupuk nitrogen dengan dosis berlebih, terutama juga terjadi pada tanah-tanah basah dan tergenang. Gas CH_4 diproduksi sektor pertanian melalui proses perombakan an-aerob bahan organik pada lahan-lahan tergenang lama seperti rawa bergambut ataupun kultur padi sawah sebagaimana ditunjukkan gambar 55. Dubey (2005) menyatakan bahwa di dalam sistem sawah tergenang terjadi proses metanogenesis yaitu proses produksi gas metan di dalam lapisan an-aerob sawah oleh bakteri an-aerob dalam beberapa tahap dekomposisi bahan organik yaitu (a) hidrolisis polimer oleh jasad mikro hidrolitik, (b)

pembentukan asam dari senyawa organik sederhana lewat kegiatan fermentasi bakteri, (c) pembentukan asetat lewat metabolisme atau fermentasi oleh bakteri homoasetogenik atau sintropik dan (d) pembentukan metan dari H_2 atau CO_2 -asetat, senyawa metil atau alkohol. Proses ini melibatkan bakteri metanogen yang merupakan jasad an-aerob bersel tunggal. Jasad metanogen dapat dikelompokkan menjadi tiga grup yaitu grup *Methanobacterium* dan *Methanobrevibacter*, grup *Methanococcus* dan grup *Methanospirillum* dan *Methanosarcina*. Di dalam habitatnya, jasad metanogen ini memainkan peran penting dalam proses degradasi senyawa organik kompleks. Sebagian besar jasad metanogen adalah mesofilik dan tumbuh dalam kisaran suhu 20 - 40°C.

Proses pelepasan CH_4 lebih banyak disebabkan oleh adanya suasana an-aerob di dalam sistem perakaran dan genangan lahan sawah. Atas dasar hal ini, upaya untuk mereduksi produksi GRK dalam bentuk senyawa metan dan N_2O dapat dilakukan melalui manajemen air lahan sawah, terutama mengatur tinggi genangan agar oksigen dapat berdifusi ke dalam tanah. Di satu sisi, budidaya padi di atas lahan basah tanpa genangan (aerobik terkendali) barangkali harus selalu dikembangkan, karena disamping dapat mengurangi produksi gas metan juga menurunkan proses reduksi senyawa N menjadi N_2O , serta di sisi lain, penelitian dari para pemulia tanaman diharapkan dapat menemukan varietas padi yang tidak membutuhkan banyak air.

Gas rumah kaca (GRK) yang disebabkan oleh akumulasi gas CO_2 yang berasal dari proses pemanfaatan energi dan industri secara signifikan menyumbang pemanasan global. Proses ini harus diimbangi dengan meningkatkan transpirasi efektif yang

dapat dilakukan vegetasi. Menurut Kurniatun Hairiah, dkk. (2008) gas CO_2 sebagai penyusun terbesar GRK di udara dapat diserap pohon dan tumbuhan bawah untuk fotosintesis dan ditimbun sebagai C-organik dalam tubuh tanaman (biomasa) dan tanah untuk waktu yang cukup lama, mencapai 30-50 tahun. Selama tidak ada pembakaran lahan, emisi CO_2 ke atmosfer dapat ditekan. Jumlah C yang tersimpan dalam lahan secara teknis disebut cadangan C atau penyimpanan C. Selanjutnya juga disampaikan bahwa agroforestri merupakan konsep pemanfaatan lahan yang dapat turut serta menurunkan konsentrasi CO_2 di atmosfer. Agroforestri memberikan tawaran yang cukup menjanjikan untuk mitigasi akumulasi GRK di atmosfer (IPCC,2000 dalam Kurniatun Hairiah, dkk., 2008).



Gambar 55. Proses metanogenesis pada lahan sawah (Dubey,2005)

Strategi adaptasi terhadap perubahan iklim yang dilakukan dalam bidang pertanian boleh jadi dapat mengubah kultur teknis bertani yang selama ini telah berjalan. Dirjen Pengelolaan Lahan dan Air Kementerian Pertanian telah menetapkan strategi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim yang bertujuan menekan emisi gas metan tanpa mengurangi produksi. Upaya tersebut diarahkan guna meningkatkan kualitas manajemen data dan informasi, manajemen usaha tani, manajemen sarana dan prasarana irigasi, manajemen konservasi, manajemen kelembagaan dan manajemen tata ruang.

Manajemen data dan informasi ditujukan untuk meningkatkan pemanfaatan data prakiraan iklim, optimasi pengamatan data stasiun pengamatan iklim, penyediaan peta wilayah yang berpotensi mengalami kekeringan, mengembangkan sistem deteksi dini kekeringan (*drought early detection system*) dan pengembangan data base tanah/lahan, keairan dan iklim di setiap daerah otonomi. Manajemen usaha tani dititikberatkan pada upaya analisis dampak perubahan iklim terhadap awal musim tanam, dan penyesuaian pola tanam terhadap kondisi agroklimat setempat, percepatan pola tanam (TOT/Tabela), mengembangkan teknologi hemat air, mengintensifkan lahan basah pada saat El-nino dan lahan kering pada saat La-nina, mengembangkan teknis budidaya padi hemat air menggunakan metode SRI dan atau pengairan (irigasi) terputus. Manajemen sarana dan prasarana irigasi meliputi upaya perbaikan saluran irigasi agar penghematan air dapat ditingkatkan, pemanfaatan sumberdaya air alternatif, misal sumber air tanah dalam (*deep soil water*), mengoptimalkan manajemen dan distribusi air irigasi serta

mengoptimalkan cadangan air permukaan seperti situ dan embung. Manajemen konservasi diarahkan untuk meningkatkan daya dukung DAS melalui konservasi sistem DAS (hulu-hilir) baik mekanis maupun vegetatif, konservasi juga diarahkan untuk meningkatkan pemanenan hujan, dan mengembangkan teknologi dam di sepanjang sungai untuk meningkatkan kapasitas daya tampung dan resapan air ke dalam tanah. Manajemen kelembagaan dilaksanakan melalui mengembangkan dan membentuk lembaga pengelola air di tingkat kelompok tani, dan memberdayakan kelompok tani dalam menentukan dan mengatur jadwal tanam dan penentuan awal musim tanam, serta meningkatkan kemampuan dan ketrampilan petugas lapangan sebagai pendamping petani. Manajemen tata ruang diarahkan untuk meningkatkan kualitas penyusunan rencana pembangunan jangka pendek, menengah dan panjang berdasarkan potensi geografis (kepulauan) dan daya dukung lingkungan, serta yang terpenting adalah penyusunan rencana tata ruang wilayah nasional/provinsi/kabupaten dengan memperhatikan aspek keberlangsungan ekologi dan lingkungan.

Di tingkat petani, Muller (2009) menyatakan bahwa pertanian organik dapat digunakan sebagai strategi adaptasi terhadap perubahan iklim dan dapat diarahkan untuk mengatasi beberapa ancaman perubahan iklim dan keragaman bentuk ancaman dan bentuk tekanan-tekanan lain. Pertanian organik akan mengurangi penggunaan hara berlebihan dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah. IPCC (2007b) juga menyatakan bahwa produk pertanian organik memiliki ancaman lebih kecil terhadap kondisi cuaca ekstrim seperti kekeringan, banjir dan

kondisi tergenang. Muller (2009) menambahkan bahwa pertanian organik merupakan strategi adaptasi yang dapat diarahkan untuk meningkatkan dan mengembangkan mata pencaharian populasi pedesaan dan bagian masyarakat lain yang menjadi rentan terhadap kerugian yang diakibatkan perubahan iklim. Bahkan ITC(2007) melaporkan penelitian jangka panjang sistem pergiliran tanaman di atas tanah subur yang memberikan informasi bahwa telah terjadi penurunan potensi *global warming* sebesar 18% untuk semua jenis tanaman yang dibudidayakan secara organik. Penerapan pertanian organik paling tidak dapat memberikan beberapa keuntungan antara lain 1) mengurangi penggunaan pupuk N an-organik yang dapat mempercepat proses nitrifikasi dan reduksi fraksi unsur N dalam tanah tergenang, 2) penggunaan pupuk organik secara langsung meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah dan menurunkan laju erosi yang dapat menurunkan simpanan karbon dalam tanah dan 3) pemanfaatan bahan organik akan memberikan komponen penyangga (*buffering capacity*) bagi tanah sehingga lebih tahan terhadap cekaman kekeringan akibat pengaruh perubahan iklim, karena sifat bahan organik yang dapat meningkatkan kapasitas retensi air dalam tanah.

Pemanasan global dan perubahan iklim yang ditimbulkan merupakan tantangan sekaligus ancaman bagi seluruh bangsa di permukaan bumi ini, tidak terkecuali Indonesia. Permasalahan klasik yang terus membelenggu pembangunan pertanian Indonesia seperti pengurangan tenaga kerja bidang pertanian, pengurangan luas lahan pertanian, deforestasi dan kerusakan agroekosistem, serta pengurangan subsidi, menjadikan pertanian

Indonesia tidak siap bersaing di era pasca penandatanganan C-AFTA dan menjadi semakin tidak kompetitif. Di samping hal tersebut, Indonesia masih harus dihadapkan pada permasalahan yang timbul akibat adanya proses perubahan iklim. Rekaman kejadian banjir dan cekaman kekeringan di beberapa daerah yang semakin luas pada beberapa tahun terakhir membuktikan bahwa dampak negatif perubahan iklim semakin nyata. Hasil analisis dari berbagai pakar dan sektor kepentingan sebagaimana dituangkan dalam *The Indonesian Country Report on Climate Variability and Climate Change* sangat berkesuaian dengan inti permasalahan yang tertuang di setiap kertas kerja IPCC.

Pemanasan global yang mendorong terjadinya perubahan iklim disebabkan oleh produksi gas rumah kaca (GRK), sebagian besar akibat karya manusia di permukaan bumi. Menurut Daniel Murdiyarso (2007) data emisi tahun 1997 merupakan data dari 5 tahun sebelumnya. Emisi CO₂ Indonesia adalah 800 juta ton atau sepersepuluh emisi CO₂ Amerika Serikat, dan emisi yang berasal dari alih guna lahan adalah 600 juta ton. Dengan memasukkan emisi dari alih guna lahan, pada saat ini Indonesia merupakan negara pada urutan ketiga yang mengeluarkan emisi CO₂ terbanyak dengan jumlah sekitar 3,4 giga ton.

Menurut UNDP (2007) Di tahun-tahun belakangan ini masyarakat dunia semakin merasahkan efek pemanasan global dan di awal tahun 1990an telah menyusun konsep *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), yang diberlakukan pada 1994. Didalam kerangka ini mereka mengajukan dua strategi utama: mitigasi dan adaptasi. Mitigasi meliputi pencarian cara-cara untuk memperlambat emisi gas

rumah kaca atau menahannya, atau menyerapnya ke hutan atau penyerap karbon lainnya. Sementara itu adaptasi, mencakup cara-cara menghadapi perubahan iklim dengan melakukan penyesuaian yang tepat - bertindak untuk mengurangi berbagai pengaruh negatifnya, atau memanfaatkan efek-efek positifnya. Dalam hal ini peran dan tanggungjawab pemerintah semakin besar, sehingga dalam penyusunan rencana pembangunan nasional, perubahan iklim harus mendapatkan porsi dan penanganan yang sepadan, tidak terkecuali bidang pembangunan pertanian harus dapat menghasilkan kebijakan strategis guna mereduksi, melaksanakan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim dalam hubungannya dengan peluang produksi pangan dan produk biomasa lain.

B. Konsep Pengelolaan Lahan Berkelanjutan.

Memasuki abad XXI, dunia menghadapi berbagai masalah besar antara lain, kerusakan lingkungan, penyebaran penyakit, penyediaan energi dan penyediaan pangan baik kuantitas, kualitas dan kemerataannya. Bahkan sebelum berakhirnya abad XX telah banyak pakar yang memprediksi bahwa dengan adanya kerusakan lingkungan yang terus berlangsung, akan muncul masalah baru yaitu penyediaan pangan dan kesehatan yang akan menjadi ancaman bagi keberlangsungan hidup manusia di permukaan bumi. Dalam era dunia global, aktivitas manusia dan kemanusiaan semakin membebani permukaan bumi sebagai satu-satunya wahana berkehidupan di planet bumi. Kehidupan manusia yang semakin kompleks dan membutuhkan tingkat

layanan yang semakin prima dan cepat akhirnya akan membuat pemanfaatan teknologi tidak lagi digunakan dalam rangka meningkatkan taraf kehidupan manusia. Teknologi justru digunakan untuk mengurus sebesar-besarnya manfaat sumberdaya alam guna kesejahteraan yang akan diperolehnya. Penguasaan manusia atas benda-benda ekonomi tidak lagi terbatas sekadar memenuhi kebutuhan primer, tetapi justru lebih banyak mengejar dan menyediakan kebutuhan-kebutuhan sekunder yang tidak mendesak, tetapi memiliki posisi ekonomi yang lebih tinggi saat ini. Ekspansi teknologi tanpa batas didasarkan kepada ketamakan dan keserakahan suatu bangsa demi meningkatkan kekuatan kapitalnya.

Kerusakan lingkungan, perubahan iklim dan peningkatan penguasaan manusia atas sumberdaya alam telah memberikan dampak negatif kepada lahan sebagai penopang semua bentuk aktivitas manusia di permukaan bumi. Lahan sebagai bagian dari bumi yang paling banyak terlibat di dalam proses penyediaan sumberdaya alam dan berbagai macam siklus menjadi pihak yang secara terus menerus mendapatkan dampak. Proses dan bentuk kerusakan agroekosistem, selalu menempatkan lahan sebagai bagian yang harus mendapatkan perbaikan, bahkan Hurni (1997) menyatakan bahwa degradasi lahan merupakan tantangan sentral dalam upaya-upaya pembangunan berkelanjutan yang merupakan sebuah konsep mempertemukan kebutuhan saat ini dengan kebutuhan generasi mendatang, serta konsep ini telah menjadi target utama dan kesepakatan dari Konferensi Antar Bangsa untuk Lingkungan dan Pembangunan. Dalam perspektif yang lebih global, beberapa hal yang mengancam keberadaan

sumberdaya alam dan keberlanjutan sistem dukungan kehidupan adalah (1) degradasi tanah, (2) ketersediaan air dan (3) hilangnya keragaman hayati. Permasalahan mendasar tentang tanah adalah bahwa sepertiga dari lahan pertanian di permukaan bumi dalam keadaan rusak, dan sebagian disebabkan oleh proses erosi. Ketersediaan air akan berhubungan dengan problem kualitas dan kuantitas air, status dan keseimbangan hidrologi antara dataran rendah dan dataran tinggi. Sedangkan problem vegetasi alam akan meliputi kuantitas, kualitas dan keragaman hayati, serta kawasan-kawasan lindung yang dapat berfungsi sebagai ekosistem keberlangsungan flora dan fauna liar.

Di beberapa belahan dunia, proses kerusakan lahan secara signifikan menjadi penyebab munculnya kemiskinan dan ketidakmampuan masyarakatnya untuk mengakses sumber-sumber pendapatan ekonomi. Di beberapa kawasan yang beriklim tropik, kerusakan lahan akan disertai dengan munculnya kerawanan pangan dan peningkatan level kemiskinan sosial. Di belahan dunia manapun, termasuk di Indonesia degradasi lahan merupakan akibat nyata dari adanya ketimpangan dan kesalahan kebijakan pemanfaatan lahan. Pengurangan luasan lahan produktif di satu sisi dan degradasi lahan di sisi lain selalu muncul menjadi masalah yang menonjol, hal ini bolehjadi diakibatkan oleh lonjakan jumlah penduduk dan meningkatnya upaya industrialisasi.

Penyediaan pangan dan munculnya kelaparan saat ini telah menjadi isu tingkat dunia, pemenuhan kebutuhan manusia akan bahan pangan dan serta mustahil untuk dikurangi, tetapi proses degradasi lahan yang semakin besar harus segera dicarikan

penyelesaiannya melalui pendekatan dan strategi yang bersifat ekologis. Dalam abad XXI, sistem produksi pangan dan serat harus diarahkan kepada (a) penyediaan bahan pangan dalam jumlah yang cukup dan aman guna mengimbangi pertumbuhan populasi dunia, (b) pengurangan kantong-kantong kemiskinan di pedesaan melalui strategi pertanian berkelanjutan yang dapat meningkatkan pendapatan keluarga, dan (c) mengurangi dan memperbaiki kerusakan sumberdaya alam terutama lahan dan ekosistem yang melingkupinya (agroekosistem)

Penyediaan bahan pangan yang cukup dan aman merupakan isu terkemuka saat ini, karena permasalahan pangan bukan saja terbatas kepada kuantitas dan kualitas saja, tetapi dunia juga dihadapkan kepada pemerataan persediaan pangan antar blok dunia. Negara maju dengan jumlah penduduk besar tetapi menguasai teknologi dan modal seperti Amerika, memiliki peluang yang lebih besar untuk segera merumuskan kepentingan pangan bagi bangsanya, tetapi negara-negara tidak berkembang dan negara sedang berkembang dengan jumlah penduduk besar, permasalahan pangan ini barangkali dapat menjadi lebih kompleks. Negara-negara tersebut bukan saja dihadapkan kepada rendahnya penguasaan teknologi, pengetahuan dan modal saja, tetapi kadangkala masih menghadapi tingkat kerusakan lingkungan yang pelik.

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumberdaya alam, tetapi kelimpahannya belum dapat dirasakan oleh rakyat secara merata. Kemiskinan adalah standar yang menunjukkan ketidakmampuan suatu rumah tangga untuk memenuhi kebutuhan dasarnya. Standar kebutuhan dasar terdiri banyak

komponen, tetapi untuk kebutuhan praktis kebutuhan dasar biasanya dipilah menjadi (a) pemenuhan pangan rumah tangga, (b) pemenuhan kebutuhan akan pelayanan kesehatan dan (c) pemenuhan kebutuhan pendidikan dasar dan menengah. Berita Resmi Statistik No. 06/01/Th.XVI, 2 Januari 2013, menyebutkan bahwa per September 2012, jumlah penduduk miskin Indonesia mencapai 28,595 juta jiwa (11,66% penduduk Indonesia). Penduduk miskin perkotaan mencapai 10,508 juta jiwa, sedangkan penduduk miskin pedesaan mencapai 18,087 juta jiwa. Penduduk miskin tertinggi ada di pulau Jawa yaitu sebesar 15,822 juta jiwa dan terendah berada di pulau Kalimantan yaitu sebesar 0,933 juta jiwa. Kondisi penduduk miskin di Indonesia yang merupakan hasil olah data Susenas September 2012 disajikan dalam tabel 5.

TABEL 5. JUMLAH PENDUDUK MISKIN INDONESIA, SEPTEMBER 2012

PULAU	JUMLAH PENDUDUK MISKIN (X 1000 JIWA)		
	KOTA	DESA	KOTA + DESA
Sumatra	2.049,64	4.127,54	6.177,18
Jawa	7.119,22	8.703,35	15.822,57
Bali, NTB, NTT	626,02	1.363,55	1.989,57
Kalimantan	254,60	678,33	932,93
Sulawesi	337,09	1.708,50	2.045,59
Maluku, Papua	121,20	1.505,60	1.626,80
	10.507,77	18.086,87	28.594,64

Dari penduduk miskin yang ada di Indonesia, sebagian besar berada di pedesaan (18,087 juta jiwa) dan tentunya petani merupakan bagian dari penduduk miskin ini. Oleh karena itu

dalam rangka meningkatkan industri pangan serat yang ditujukan untuk mengurangi kantong-kantong kemiskinan, posisi petani menjadi sangat strategis untuk selalu ditingkatkan kapasitasnya, terutama dalam menguasai ketrampilan teknis pengelolaan berbagai jenis dan kualitas lahan dalam rangka penerapan strategi pertanian berkelanjutan di Indonesia.

Guna memenuhi penyediaan pangan dan serat di Indonesia, sudah saatnya pemerintah melakukan upaya-upaya konkrit untuk mengurangi alih fungsi lahan pertanian, memperbaiki dan mengurangi kerusakan sumberdaya lahan. Pengembangan usahatani konservasi lahan terpadu yang pernah menjadi program Kementrian Pertanian, merupakan salah satu upaya yang harus terus dikembangkan, terutama dalam kawasan – kawasan lahan kering bertopografi berbukit dengan kemiringan lahan di atas 30%. Program-program pengembangan usahatani yang bersifat spesifik lokasi bisa menjadi pilihan pengembangan lahan-lahan marginal guna memperkaya sumber dan diversifikasi pangan. Program pengembangan tersebut memang tidaklah sederhana karena akan dihadapkan kepada suatu kenyataan akan rendahnya kapasitas untuk membangun atau berkembang dari masyarakat pedesaan (*low building capacity*) yang muncul akibat keterbatasan informasi dan tingkat pendidikan. Kendala yang muncul akibat fenomena global berupa perubahan iklim juga harus segera dicarikan penyelesaiannya, terutama kemampuan adopsi petani terhadap strategi reduksi dan adaptasi usahatani.

Peran dan fungsi lahan di permukaan bumi serta ketersediaannya yang semakin rendah, akhirnya menyadarkan dunia bahwa kesinambungan kehidupan dan penghidupan

manusia akan sangat bergantung kepada lahan. Atas dasar hal ini diperlukan suatu strategi pemanfaatan lahan berkelanjutan yang dapat memaksimalkan fungsi lahan guna memenuhi dan menjawab tantangan dunia saat ini dan akan datang, terutama dalam memenuhi persediaan dan ketersediaan bahan pangan demi keberlangsungan manusia di permukaan bumi. The World Bank (2006) menyatakan bahwa pengelolaan lahan berkelanjutan (*sustainable land management*) adalah pengetahuan yang didasarkan pada prosedur pengelolaan terintegrasi antara lahan, air, keragaman hayati dan pengelolaan lingkungan untuk memenuhi peningkatan kebutuhan pangan dan serat dengan mengusahakan keberlanjutan dukungan ekosistem dan penghidupan. Pelaksanaan pengelolaan lahan berkelanjutan juga dimaksudkan untuk:

1. mempertahankan dan meningkatkan produktivitas, kemampuan lahan dalam area penanaman dan perumputan baik dalam kawasan dataran tinggi (*upland*), lahan berlereng (*downslope area*), lahan datar (*flat*) dan dataran rendah (*bottom land/lowland*), menjaga kesinambungan kawasan hutan produksi, mengembalikan fungsi kawasan hutan lindung, memperbaiki fungsi kawasan aliran sungai sebagai penyedia air dan pembangkit tenaga air, zona pelestarian air dan kemampuan air tanah dalam menyediakan kebutuhan pertanian dan kegiatan produksi lain.
2. aksi nyata untuk menghentikan dan mengurangi proses degradasi atau paling tidak mitigasi kemungkinan

kerugian akibat kesalahan pemanfaatan sehingga dapat menjaga ketahanan dataran tinggi dan kawasan aliran sungai yang mendapat tekanan dari pemukiman yang memiliki potensi menjadi penyebab degradasi kawasan lahan atas dan kemungkinan pengaruh ikutannya di kawasan lahan bawah.

Sebenarnya pengelolaan lahan berkelanjutan merupakan fondasi dari sistem pertanian yang berkelanjutan dan merupakan komponen strategis dari pembangunan berkelanjutan dan pengurangan kemiskinan. Pemahaman pengelolaan lahan berkelanjutan bukan saja hanya ditujukan kepada kelestarian lahan dalam perspektif medium tumbuh saja, tetapi kriteria lahan dalam pengertian sistem pertanian yang berkelanjutan lebih mengarah kepada sumberdaya lahan. Dengan demikian pengelolaan lahan berkelanjutan dapat juga didefinisikan sebagai pola pemanfaatan sumberdaya lahan (tanah, air, hewan/ternak dan tanaman) untuk menghasilkan produk guna memenuhi kebutuhan manusia disertai dengan pemeliharaan potensi produktivitas sumberdaya lahan dan perbaikan fungsi-fungsi lingkungan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa sumberdaya lahan memiliki beberapa fungsi, yaitu produksi, fisiologis, budaya dan lingkungan. Sumberdaya lahan berfungsi untuk memproduksi bahan pangan, pakan, bahan bakar, bahan bangunan dan bahan-bahan industri. Sumberdaya lahan secara fisiologis dapat menjamin kesehatan manusia melalui pengurangan senyawa toksis dalam air, tanah dan tanaman atau memberikan jaminan dari bahaya tanah longsor, banjir.

Sumberdaya lahan juga memiliki peran penting dalam pelestarian lanskap, peran air, tanah, hutan dan hewan sebagai bagian dari kekayaan budaya dan untuk memelihara nilai historis dan estetika lanskap. Sumberdaya lahan juga berfungsi secara ekologis yaitu memberikan jaminan pemeliharaan fungsi ekosistem termasuk mengikat karbon dalam biosfer, filtrasi air dan menyangga polutan (*pollutant buffering capacity*) dan menjaga keberlangsungan siklus energi, hara dan proses geokemis lain.

Pengelolaan lahan berkelanjutan diarahkan kepada penurunan proses degradasi sumberdaya lahan (tanah, sumber air, tanaman dan hewan). Penurunan proses degradasi tanah merupakan upaya untuk menurunkan proses erosi tanah, pencegahan pengurangan lapisan tanah atas, mencegah munculnya kendala kekhawatiran yang dititikberatkan pada pengelolaan bahan organik tanah dan pH tanah (keasaman, kebasahan dan salinitas), mengurangi terjadinya pemadatan tanah dan mengurangi tingkat toksisitas melalui pengendalian penggunaan pestisida an-organik, pemupukan lanjut dan hujan asam. Penurunan degradasi kualitas air diarahkan untuk mengurangi penurunan permukaan air tanah, penurunan mutu air irigasi, pengurangan proses pendangkalan waduk, penurunan tingkat air limpasan (*run-off*) dan banjir. Penurunan proses degradasi sumberdaya tanaman/vegetasi meliputi upaya-upaya pencegahan tanaman dari proses kekeringan atau berada dalam kondisi cekaman air, penurunan keragaman hayati, penurunan sediaan biomassa dan penyediaan nutrisi dalam tanah, penurunan penutupan tanah oleh kanopi tanaman dan penurunan penyebaran penyakit tanaman. Sedangkan penurunan

proses degradasi sumberdaya hewan dititikberatkan pada pencegahan penurunan populasi ternak dan limbahnya sebagai bagian tidak terpisahkan dalam proses siklus dan penyediaan hara serta penurunan keragaman musuh alami.

C. Pelaksanaan Pengelolaan Lahan Berkelanjutan di Indonesia.

Sasaran pengelolaan lahan berkelanjutan adalah pada dasarnya sebuah upaya pemanfaatan lahan tanpa harus menimbulkan kerusakan-kerusakan komponen sumberdaya lahan (tanah, air, tanaman dan hewan). Pola pertanian lahan kering yang dilaksanakan di kawasan lahan dengan topografi bergelombang sampai berbukit memiliki peluang memunculkan proses - proses kerusakan lingkungan seperti terkikisnya lapisan subur di bagian atas dan tertimbunnya lapisan subur di bagian bawah oleh material dari atas yang menyertai proses erosi dan tanah longsor, penurunan kemampuan tanah dalam menyimpan air sehingga mengganggu siklus hidrologi kawasan dan hilangnya sumber keragaman hayati karena rusaknya habitat dan ekosistem alam. Praktek pertanian di dataran rendah juga memiliki peluang rusaknya produktivitas tanah karena praktek pemupukan lanjut dan pengurangan asupan bahan organik ke dalam tanah.

Pengelolaan lahan berkelanjutan merupakan bagian paling penting dan tidak dapat dipisahkan dari konsep pengelolaan agroekosistem dalam rangka produksi bahan pangan dan serat. Pengelolaan agroekosistem sebaiknya dijalankan berdasarkan keseimbangan ekologis yang secara umum memiliki dampak meningkatkan keragaman spesies musuh alami dan

menurunkan populasi hama. Keseimbangan ekologis ini dapat dijalankan melalui beberapa upaya antara lain:

- a. Menjaga kandungan bahan organik melalui penerapan tata cara pengelolaan bahan organik yang benar, terutama ditujukan kepada upaya-upaya konservasi kandungan bahan organik dalam tanah dan dampaknya terhadap penurunan proses erosi tanah permukaan.
- b. Menerapkan praktek bertani yang dapat meningkatkan keragaman dan daya dukung habitat melalui penerapan multi-kultur, rotasi tanaman dan pemeliharaan tanaman penutup tanah.
- c. Penjagaan stabilitas struktur dan agregat tanah melalui penerapan pengolahan tanah yang tidak merusak dan sedapat mungkin mengurangi kenaikan tingkat erodibilitas tanah (kemudahan tererosi).

Bahan organik merupakan bentuk keberhasilan bumi dalam mempertahankan asupan energi matahari dalam biosfer. Oleh karena itu mempertahankan keberadaan bahan organik di dalam tanah merupakan satu-satunya cara agar tanah dapat menjalankan fungsinya sebagai suatu sistem yang hidup dan dinamis, yang didalamnya dapat berlangsung semua proses pendauran yang menguntungkan bagi organisme. Keberadaan bahan organik di dalam tanah dapat menjaga keberlangsungan berputarnya rantai pangan baik di dalam tanah maupun di atas permukaan tanah.

Penerapan praktek bertani yang dapat meningkatkan keragaman dan daya dukung habitat melalui penerapan multi-

kultur secara nyata dapat meningkatkan keragaman hayati di dalam tanah. Jika di atas sebidang tanah tumbuh berbagai jenis tanaman yang dibudidayakan, maka substrat yang dikeluarkan masing-masing tanaman akan segera berinteraksi dengan jasad mikro di ruang akarnya. Beberapa percobaan membuktikan bahwa populasi jasad mikro di dalam ruang akar selalu lebih besar di dibandingkan ruang tanah yang tidak secara langsung bersentuhan dengan permukaan dan lingkup akar. Penerapan multi-kultur juga dimaksudkan untuk mendapatkan efisiensi pemanfaatan tanah dari sebidang lahan yang memiliki keterbatasan luas. Rotasi tanaman yang diterapkan di atas sebidang lahan pada dasarnya adalah memaksimalkan interaksi biologi di dalam tanah dalam satu waktu tertentu, yang kemudian akan berganti dengan sistem interaksi biologi lainnya jika tanaman telah mengalami rotasi. Proses pergiliran tanaman yang dilaksanakan dalam rotasi tanaman dapat memberikan rantai pangan antara satu spesies organisme dengan organisme lain di dalam tanah. Pembudidayaan tanaman penutup tanah dimaksudkan agar permukaan tanah terhindar dari gaya merusak yang dapat ditimbulkan curah hujan, meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah dan menjaga aerasi tanah permukaan sehingga aktivitas jasad mikro aerob dapat berlangsung. Pembudidayaan tanaman penutup tanah tidak menciptakan persaingan perolehan air dan hara, karena perbedaan kedalaman akar dengan tanaman pokok.

Pengolahan tanah yang terlalu intensif justru dapat meningkatkan kemudahan tanah untuk tererosi karena pengolahan tanah dapat merusak struktur dan agregat tanah,

mengubah distribusi pori makro dan mikro dan mempercepat dekomposisi bahan organik tanah. Pengolahan tanah dibatasi di sekitar bidang tanam atau bahkan untuk lahan yang memiliki kemiringan cukup besar disarankan untuk mengolah tanah sebatas lobang tanam. Dengan demikian untuk lahan-lahan yang memiliki potensi kerusakan karena gaya-gaya eksogen disarankan untuk menerapkan *minimum tillage* (pengolahan tanah minimum sebatas lubang tanam) bahkan kalau perlu *zero tillage* (tanpa pengolahan tanah).

Direktorat Pengelolaan Dirjen Pengelolaan Lahan dan Air Kementerian Pertanian telah mengupayakan sosialisasi dan pendampingan teknis dalam bentuk pelaksanaan sekolah lapangan bagi petani di beberapa daerah yaitu pelaksanaan Konservasi DAS Hulu sebanyak 48 paket yang tersebar di 9 provinsi dan 26 kabupaten, Pengembangan Usahatani Konservasi Lahan Terpadu (PUKLT) sebanyak 76 paket yang tersebar di 21 provinsi dan 70 kabupaten, Pengelolaan Lahan Tanpa Bakar (PLTB) sebanyak 9 paket yang tersebar di 3 provinsi dan 7 kabupaten. Sekolah lapangan tersebut disamping memberikan pengetahuan praktis konservasi lahan baik di kawasan DAS hulu maupun di kawasan lahan kering dengan topografi bergelombang sampai berbukit curam, juga dimaksudkan agar petani dapat menjadi subyek atau pelaku konservasi tanah dan air di kawasan masing-masing, melalui penguatan partisipasi dan kapasitas petani dalam memahami dan menerapkan teknologi konservasi dan peningkatan produktivitas tanah.

BAB V PENUTUP

Lahan adalah bagian daratan di permukaan bumi yang merupakan lingkungan fisik yang meliputi tanah beserta segenap faktor yang mempengaruhi pemanfaatannya yang terdiri dari kondisi di dalam dan di luar tubuh tanah. Kondisi di dalam tanah terdiri dari sifat-sifat tanah yang berpengaruh kepada pola kandungan dan imbalan antara air dan udara, status dan siklus hara, kandungan bahan organik dan keragaman hayati dalam tanah. Sedangkan kondisi di luar tubuh tanah terdiri atas aspek geologi, kemas muka tanah, geomorfologi dan kinerja iklim.

Dalam hubungannya dengan proses produksi berkelanjutan, lahan memegang peran sentral karena fungsinya sebagai medium tumbuh tanaman. Dalam hal ini, proses pembentukan lahan, pola dan kebijakan pemanfaatan lahan berpengaruh kepada kualitas lahan. Proses pembentukan lahan sangat berpengaruh kepada kualitasnya yang akan menjadikan suatu lahan masuk dalam kriteria lahan produktif atau lahan marginal, sedangkan pola dan kebijakan lahan akan berpengaruh kepada kelestarian lahan, kerusakan lahan bahkan munculnya lahan-lahan kritis karena salah dalam memanfaatkannya.

Berdasarkan proses pembentukannya, pemanfaatan lahan terdiri atas dua kegiatan utama yaitu intensifikasi dan ekstensifikasi lahan. Intensifikasi lahan merupakan upaya manusia untuk mempertahankan bahkan meningkatkan produktivitas per satuan luas lahan, sedangkan ekstensifikasi lahan lebih diarahkan kepada perluasan lahan garapan melalui

upaya pencetakan lahan pertanian dengan memanfaatkan lahan marginal, lahan tidur dan melalui alihfungsi lahan terlantar atau lahan bekas kawasan hutan yang tidak memiliki hak atas tanah menurut perundangan yang berlaku.

Pola pemanfaatan lahan ditetapkan berdasarkan kemampuan lahan yang prosesnya didahului dengan evaluasi lahan. Pemanfaatan lahan harus dilaksanakan dengan menjaga kelestarian lahan dan mengurangi atau mencegah terjadinya proses degradasi lahan melalui upaya-upaya penerapan pola pertanian konservasi dan upaya reklamasi lahan-lahan kritis. Kebijakan dalam pemanfaatan lahan diharapkan dapat menghindari kesimpangsiuran peruntukan lahan dan alihfungsi lahan produktif. Kebijakan pemerintah soal kepentingan lahan tertuang dalam Undang-undang Nomor 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Perlindungan Lahan Pertanian pangan Berkelanjutan sebagaimana diatur dalam Undang-undang tersebut memiliki tujuan :

- a. Melindungi kawasan dan lahan pertanian pangan secara berkelanjutan.
- b. Menjamin tersedianya lahan pertanian pangan secara berkelanjutan
- c. Mewujudkan kemandirian, ketahanan dan kedaulatan pangan.
- d. Melindungi kepemilikan lahan pertanian pangan milik petani
- e. Meningkatkan kemakmuran serta kesejahteraan petani dan masyarakat

- f. Meningkatkan perlindungan dan pemberdayaan petani
- g. Meningkatkan penyediaan lapangan kerja bagi kehidupan yang layak
- h. Mempertahankan keseimbangan ekologis dan
- i. Mewujudkan revitalisasi pertanian

Guna memaksimalkan perlindungan lahan pertanian pangan, Undang-undang tersebut juga mempertegas pentingnya perencanaan tata ruang untuk mengurangi alihfungsi lahan pertanian yang pada umumnya terjadi di kawasan perkotaan. Pasal 23 menegaskan pentingnya upaya melindungi lahan pertanian pangan melalui beberapa ayat, yaitu (1) Penetapan kawasan pertanian pangan berkelanjutan nasional diatur dalam Peraturan Pemerintah mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional, (2) Penetapan kawasan pertanian pangan berkelanjutan provinsi diatur dalam Peraturan daerah mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi, (3) Penetapan kawasan pertanian pangan berkelanjutan kabupaten/kota diatur dalam Peraturan Daerah mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten/Kota, dan (4) Penetapan kawasan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ayat (2) dan ayat (3) dilakukan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Di satu sisi telah ada suatu kesadaran bahwa ketahanan pangan menjadi sulit dicapai manakala di sisi lain alihfungsi lahan pertanian tidak dapat dikurangi. Undang-undang Nomor 41 Tahun 2009 tersebut memang telah lebih dari cukup atau memadai guna meningkatkan ketersediaan lahan, hanya saja penegakan perundangan yang pada gilirannya memegang peran

penting dalam mempertahankan ketersediaan lahan demi ketercapaian ketahanan, kemandirian dan kedaulatan pangan.

Permasalahan lahan di Indonesia berada di antara masalah alihfungsi lahan dan kerusakan lahan karena alam dan kesalahan pemanfaatannya. Permasalahan ketersediaan lahan di pulau Jawa lebih banyak disebabkan oleh proses alihfungsi lahan, diperkirakan sekitar 14.000 sampai 20.000 hektar lahan sawah dilahfungsikan setiap tahunnya. Pengurangan luasan lahan sawah di pulau Jawa lebih banyak disebabkan oleh desakan pertumbuhan penduduk, perkembangan sektor industri, bertumbuhnya bisnis perumahan yang sebagian besar mengalihfungsikan lahan sawah dan penggunaan fasilitas lain yang tidak lagi memiliki keteraturan pola ruang. Penyimpangan dan pengingkaran terhadap rencana tata ruang wilayah serta pemerintah yang tidak konsisten, diduga turut andil mempercepat penyusutan lahan sawah di pulau Jawa.

Sebagai negara yang memiliki potensi bencana alam, kerusakan lahan dapat mengurangi luas lahan produktif. Kejadian tanah longsor, peningkatan erosi akibat bukaan vegetasi yang menyebabkan meningkatnya kerentanan tanah untuk tererosi (erodibilitas tanah) turut memiliki andil kepada proses degradasi lahan. Kesalahan pemanfaatan lahan dalam bentuk pembebanan kepada lahan di luar batas kemampuannya mengakibatkan lahan mengalami kerusakan. Penerapan pola pertanian yang tidak protektif dan tidak diikuti dengan penerapan kaidah konservasi tanah dan air juga telah mengakibatkan terjadinya degradasi lahan. Pemanfaatan lahan-lahan yang berkemiringan di atas 30% bagi usahatani budidaya

tanaman semusim tanpa disertai dengan upaya konservasi mekanik dan vegetatif, dapat meningkatkan hilangnya lapisan tanah permukaan dan banjir. Perubahan pola pemanfaatan lahan dari kawasan hutan yang seharusnya menjadi bagian tidak terpisahkan dari fungsi kawasan lindung menjadi lahan - lahan bukaan baru bagi pertanaman sawit telah terbukti mendatangkan beberapa kerugian, antara lain rusaknya tanah, karena pola tanam monokultur yang diterapkan selama bertahun-tahun mengakibatkan hilangnya keragaman hayati dan mendatangkan banjir di kawasan hilir. Meningkatnya permintaan produk CPO (*crude palm oil*) di pasar dunia telah mendorong perluasan perkebunan sawit di Sumatra dan Kalimantan sehingga menjadikan Indonesia sebagai produsen CPO terbesar di dunia, tetapi di sisi lain hal tersebut telah menyebabkan munculnya bencana banjir dan kerusakan lahan gambut. Perluasan perkebunan sawit ini juga diduga ikut andil terhadap hilangnya potensi produksi tanaman pangan di beberapa daerah, karena alihfungsi lahan budidaya tanaman pangan menjadi areal perkebunan sawit.

Peningkatan produksi tanaman pangan dapat dilaksanakan melalui program intensifikasi dan ekstensifikasi pertanian. Produktivitas lahan pertanian pangan di pulau Jawa lebih tinggi dibanding produktivitas lahan di luar Jawa. Oleh karena itu untuk mencapai tingkat produksi yang sama untuk setiap hektarnya di pulau Jawa, pulau Sumatra membutuhkan lahan seluas 2,5 hektar dan bahkan pulau Kalimantan membutuhkan 5 hektar lahan, sementara di sisi lain, alihfungsi lahan beririgasi di pulau Jawa terus saja terjadi. Dengan demikian

permasalahan ini merupakan salah satu kendala sulitnya pencapaian target program ketahanan pangan di Indonesia.

Kebijakan yang lebih mengejar pertumbuhan ekonomi, sebagaimana yang sekarang dilaksanakan oleh sebagian pemerintah daerah menyebabkan alihfungsi lahan sawah sulit dicegah atau bahkan dikurangi. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian (2005) menyampaikan bahwa dalam upaya mengatasi konversi lahan sawah, pemerintah hanya mengandalkan pendekatan yuridis yang bersifat larangan. Sedikitnya ada sembilan peraturan yang ditujukan untuk melarang konversi lahan sawah. Namun peraturan tersebut terkesan tumpul karena :

1. Adanya kelauman pada peraturan itu sendiri, terutama yang terkait kepada masalah kekuatan hukum, sanksi pelanggaran dan akurasi obyek lahan.
2. Penegakan supremasi hukum yang masih lemah
3. Pelaksanaan pemerintahan otonomi, menyebabkan peraturan-peraturan yang diterbitkan secara sentralistik kurang memiliki kekuatan hukum.
4. Peraturan yang ada terkesan bertentangan dengan fenomena konversi lahan yang tidak mungkin dihindari selama pertumbuhan ekonomi masih merupakan tujuan pembangunan.

Berdasarkan masalah-masalah di atas, diperlukan revitalisasi kebijakan dalam mengatasi konversi lahan. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian (2005)

menyusun tiga strategi guna mengurangi laju konversi lahan sawah sebagai berikut :

1. Memperkecil peluang terjadinya konversi lahan dengan mengurangi intensitas faktor yang dapat mendorong terjadinya konversi lahan.
2. Mengendalikan kegiatan konversi lahan dalam rangka menekan potensi dampak negatif yang ditimbulkan.
3. Menanggulangi atau menetralsir dampak negatif konversi lahan.

Strategi 1 dapat diwujudkan dengan beberapa upaya antara lain (a) menekan laju pertumbuhan penduduk, (b) relokasi penduduk untuk mengurangi tekanan kepada lahan pertanian produktif, (c) mengembangkan pajak progresif untuk lahan non-pertanian untuk mengurangi permintaan lahan yang berlebihan dan tidak efisien, dan (d) menerapkan prinsip "hemat lahan" dalam mengembangkan kegiatan non-pertanian. Strategi 2 dapat dilaksanakan melalui beberapa upaya (a) mencadangkan kawasan pangan yang dilindungi dari proses konversi lahan, (b) membatasi luas lahan yang dapat dikonversi di setiap daerah berdasarkan konsep kemandirian pangan, (c) membatasi konversi lahan yang memiliki produktivitas pangan, daya serap tenaga kerja tinggi dan memiliki fungsi lingkungan, (d) memberlakukan biaya konversi lahan progresif kepada investor pelaku konversi lahan dan (e) membatasi konversi lahan untuk kegiatan non-pertanian yang memiliki daya serap tenaga kerja rendah dan berpotensi tinggi menimbulkan masalah lingkungan. Sedangkan strategi 3 dapat ditempuh dengan upaya (a) membangun dan merehabilitasi

jaringan irigasi, (b) melakukan perluasan lahan sawah dengan luasan sebanding dengan kapasitas produksi pangan dan penyerapan tenaga kerja pertanian yang hilang akibat konversi lahan, dan (c) mengembangkan kegiatan non-pertanian sebanyak mungkin untuk menyerap tenaga kerja lokal.

Lahan merupakan komponen terpenting dalam agroekosistem karena menjadi penentu keberhasilan pertanaman. Produksi pangan dan serat di Indonesia, pada dasarnya dihadapkan kepada beberapa kegawatan masalah penyediaan pangan bagi bangsa. Pertama, selama puluhan tahun telah terjadi alihfungsi lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian, sedangkan penegakan hukum dan aturan dirasa belum mendapatkan perhatian serius dari pemangku kebijakan dan pemangku kepentingan. Kedua, ancaman degradasi lahan akibat kesalahan kebijakan pembangunan dan bencana alam dan ketiga, ekstensifikasi dengan melaksanakan perambahan lahan tidak tergunakan dan lahan marginal, jika tidak dilaksanakan menggunakan strategi yang tepat, justru dapat mengakibatkan munculnya masalah lingkungan.

Penyediaan pangan bagi bangsa Indonesia, makin lama makin menjadi masalah serius yang jika tidak segera mendapat perhatian dalam bentuk keberpihakan politik dan kebijakan pemerintahan akan membawa bangsa ini menuju bangsa yang tidak memiliki kemandirian pangan, dan selalu bergantung kepada bangsa dan negara lain. Ketergantungan pasokan pangan dari negara lain di samping menghabiskan anggaran negara yang tidak sedikit juga akan membuat Indonesia semakin tidak

memiliki kemandirian sikap dan politik luar negeri dan bahkan posisi tawar yang tidak menguntungkan. Di tengah kerusakan global lahan - lahan produktif di permukaan bumi yang diakibatkan oleh pemanasan global dan perubahan iklim, pasokan pangan dunia mengalami pergeseran baik periode panen maupun distribusinya. Indonesia sebagai negara kepulauan diprediksi akan mengalami dampak terbesar yang diakibatkan proses perubahan iklim global. Ancaman kegagalan panen dan hilangnya sentra - sentra produksi beras serta strategi adaptasi dan reduksi yang tidak mendapatkan porsi kebijakan politik memadai dikhawatirkan akan semakin membuat Indonesia rentan terhadap tercapainya pasokan pangan bagi rakyatnya.

Dengan posisi tawar politik yang rentan, Indonesia tidak akan lagi memiliki keberanian dan sikap yang lebih mandiri dalam rangka menyelamatkan kepentingan bangsa. Pertumbuhan ekonomi yang selama ini menjadi primadona pembangunan akhirnya hanya bermakna semu, karena kerentanan politik akibat ketergantungan pasokan pangan dapat membuat tumpulnya strategi diplomasi bangsa Indonesia. Atas dasar itulah, semua pemangku kebijakan dan pemangku kepentingan sudah selayaknya memberikan perhatian penuh kepada keberlanjutan peran dan fungsi lahan sebagai modal utama keberlangsungan bangsa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman,A., Dariah,A. Dan Mulyani,A.2008. Strategi dan Teknologi Pengelolaan Lahan Kering mendukung Pengadaan Pangan Nasional. Jurnal Litbang Pertanian. 27(2): 43-48.
- Absori. 2006. Deklarasi Pembangunan Berkelanjutan dan Implikasinya di Indonesia. Jurnal Ilmu Hukum, Vol. 9.No. 1:39-52.
- Agus Fahmuddin dan Subiksa,I.G. Made. 2008. Lahan gambut: Potensi untuk Pertanian Dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan ICRAF.Bogor.
- Altieri Miguel,A.2000. *Agroecology: Principles and Strategies for Designing Sustainable Farming System*.www.agroeco.org/new_docs/Agroeco_Principles. Diakses Mei 2010.
- Anry Widyo Laksono.2008. Implementasi Pasal 78 Ayat (15) Undang-undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan dalam Putusan Hakim (Studi tentang Penentuan Status Barang Bukti Alat-alat atau Alat Angkut dalam Tindak Pidana *Illegal Logging*). Tesis Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Arias,M.E., Gonzales-Perez,J.A., Gonzales-Vila, F.J. and Ball,A.S. 2005. *Soil Health a New Challenge for Microbiologist and Chemists*. International Microbiologi. Vol. 8: 13-21.
- Basuki Karyaatmadja.2009. Fenomena Konflik Kepentingan dalam Kawasan Hutan. Diskusi Panel memangkas Hambatan Pembangunan Hutan Tanaman 16 Desember 2009: 17-26.

- Berita Resmi Statistik, No. 06/01/Th.XVI, 2 Januari 2013.
- Conway,G.1997. *DoublyGreen Revolution*.Cornell Univ.Press. New York.
- Cooperband Leslie.2002. *Building Soil Organic with Matter Organic Amandments*. Center for Integrated Agricultural Systems (CIAS). Madison. Wisconsin. 13p.
- Daniel Murdiyarso.2007. Perubahan Iklim dan Proses UNFCCC. Laporan Diskusi Interaktif tentang Perubahan Iklim untuk Jurnalis 2 Mei 2007. CIFOR-WWF Indonesia.
- Doran,J.W. and Safley,M. 1997. *Defining and Assessing Soil Health and Sustainable Productivity in Biological Indicators of Soil Health*.CAB International. UK: 1-28.
- Dirjen Pengelolaan Lahan.2010. Pedoman Teknis Sekolah Lapang. Direktora Jendral Pengelolaan lahan dan Air Kementrian Pertanian.
- Djaenudin,D. 2008. Perkembangan Penelitian Sumber Daya Lahan dan Kontribusinya untuk Mengatasi Kebutuhan Lahan Pertanian di Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian 27(4):137-143.
- Dubey,S.K. 2005. *Microbial Ecology of Methane Emissions in Rice Agroecosystem*. Applied Ecology and Environmental Research Vol. 3: 1-27.
- Elliott,E.T. 1997. *Rationale for Developing Bioindicators of Soil Health*. in Biological Indicators of Soil Health.CAB International.UK : 49 - 78.

- FAO.1995. *Planning for Sustainable Use of Land Resources. Towards a New Approach.* Background paper to FAO's Task Managership for Chapter 10 of Agenda 21 of the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED).
- FAO.2001. *Agriculture. Towards 2015/30. Technical Interim Report April 2000.* Rome. Food and Agriculture Organization. http://fao.org/es/ESD/at2015/chapter_1.pdf. diunduh Juni 2008.
- Fofana,I. 2011. *Simulating the Climate Change and Adaption Strategies on Productivity and Income.*IFPRI Discussion Paper 01095.West and Central Africa.
- Gunawan Budiyanto, Dja'far Shiddieq dan M. Drajad.1997. Pengaruh Pemanfaatan Blotong Terhadap Kejituan Serapan kalium Tanaman Jagung di Tanah Regosol Pantai Selatan Kulon Progo. *Jurnal Pascasarjana.BPPS-UGM.* 10 (3B):427-444
- Gunawan Budiyanto.1993. Pemanfaatan Azolla dalam Budidaya Cabai Merah. LP3M-UMY
- .1999. Pengaruh Penambahan Mineral Lempung Alofan terhadap Kapasitas Retensi Air Tanah pasir Pantai. LP3M-UMY
- . 2001. Dampak Penambahan Tanah Andisol kepada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung di lahan Pasir Pantai.
- .2007. Rantai Transfer Elektron dalam Fotosintesis. Makalah Seminar Kelas. Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran. Bandung.

- .2009. *Bahan Organik dan pengelolaan Nitrogen Lahan Pasir.*UNPAD Press.192 h.
- .2010. Pendekatan Agroekosistem dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Indonesia menuju Millenium Development Goals (MDGs) 2015.* Fakultas Pertanian UMY-PERHEPI.
- .2012. Strategi Kedaulatan pangan Lokal berdasar Zonasi Kawasan Rawan Bencana Erupsi Merapi. *Prosiding Seminar Nasional Peran Teknologi Untuk Mewujudkan Kedaulatan Pangan dan Peningkatan Perekonomian Bangsa.* Fakultas Pertanian UPN. Yogyakarta.
- Hurni Haris.1997. *Concepts of Sustainable Land Management.* ITC Journal vol 3/4.1997 IAASTD.2008. *Agroecology Provides a Robust Set of Solutions to the Environmental Pressures and Crises Facing Agriculture in the 21st Century.* Agroecology and Sustainable Development.www.agassessment.org. diakses Februari 2010.
- ICRA.1999. *Agroecosystem-a Key Concepts.*www.icra.edu.org/objects/Agroecosystem-Key_concepts. Diakses Februari 2010.
- IPCC.2007a. *Climate Change 2007.Impacts, Adaption and Vulnerability.* Report of the Working Group II. Cambridge Univ. Press.
- IPCC.2007b. *Summary for Policy Makers.Fourth Assessment Report. Working Group III Report.Mitigation of Climate Change.*http://www.ipcc.ch/pdf/assessment_report/ar4/wg3.

- Irsal Las, Subgyono dan Setiyono, A.P. 2006. Isu dan pengelolaan Lingkungan dalam Revitalisasi Pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(3).
- ITC. 2007. *Organic Farming and Climate Change*. International Trade Centre-UNCTAD/WTO. Research Institute of Organic Agriculture. Geneva. Doc. No. MDS-08-152.E.
- Kurniatun Hairiah, Widiyanto dan Didik Suprayogo. 2008. Adaptasi dan Mitigasi Pemanasan Global, Bisakah Agroforestri Mengurangi Risiko Insor dan Emisi Gas Rumah Kaca. Kumpulan Makalah INAFE. Pendidikan Agroforestri sebagai Strategi menghadapi Perubahan Iklim Global 3-5 Maret 2008 di UNS.
- Lal, R. 1981. *Deforestation of Tropical Rainforest and Hydrological Problems In Tropical Agriculture Hydrology, Watershed Management and Land Use*. Edited by R. Lal and Russell, E.W. John Wiley & Sons. Chichester-New York-Brisbane-Toronto: 131-137.
- Mahmud, tt. Skenario Perubahan Variabilitas Iklim Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global, Fakta, Mitigasi dan Dampak. ISBN: 978-070-17490-0-8.
- McRae, S.G. and Burnham, C.P. 1981. *Land Evaluation. A Monographs on Soil Survey*. Clarendon Press. Oxford: 1-6.
- Mikha, M.M. and Rice, C.W. 2004. *Tillage and Manure Effects on Soil Aggregate-Associated Carbon and Nitrogen*. *Soil Sci. Soc. America Journal* 68:809-816.

- Muller Adrian. 2009. *Benefits of Organic Agriculture as a Climate Change Adaption and Mitigation Strategy for Developing Countries*. Discussion Paper Series April 2009. Environmental for Development.
- Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. 2005. *Konversi Lahan Sawah Menimbulkan Dampak Negatif bagi Ketahanan Pangan dan Lingkungan*. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. Vol. 27. No. 6.
- Rachman, A., Wahyunto dan F. Agus. 2005. *Integrated Management for Sustainable Use of Tsunami Affected Land in Indonesia*. Presented on Midterm Workshop on Sustainable Use of Problem Soils in Raifed Agriculture. Khon Khaen Thailand.
- Rao, N.H. and Rogers, P.P. 2006. *Assessment of Agricultural Sustainability*. *Journal of Current Sci.* Vol. 91, No. 4: 438-448.
- Santun, R.P. Sitorus (2004). *Evaluasi Sumberdaya Lahan*. Tarsito Bandung.
- Seta, A.K. 1987. *Konservasi Sumberdaya Tanah dan Air*. Kalam Mulia.
- Slater, R., Peskett, L., Ludi, E. and Brown, D. 2007. *Climate Change, Agricultural Policy and Poverty Reduction, How Much We Know?*. *Natural Resources Perspectives*. 109.
- Sri Astuti Soedjoko. 2010. *Pengelolaan Sumberdaya Lahan*. www.mayong.staff-ugm.ac.id/artikel_pdf. diunduh September 2010.

- Subagyo,H. 2006. Klasifikasi dan Penyebaran Rawa dalam Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Sudana Wayan .2005. Potensi dan Prospek lahan Rawa sebagai Sumber Produksi Pertanian. Jurnal Analisis kebijakan Pertanian vol.3 (2) :141-151.
- Suntoro Wongso Atmaja.2006. Degradasi Lahan dan Ancaman bagi Pertanian. Solo Pos. 7 Januari 2006.
- Suriadikarta,D.D. dan Sutriadi,M.T.2007. Jenis-jenis Lahan berpotensi untuk Pengembangan Pertanian di Lahan Rawa. Jurnal Litbang Pertanian 26(3): 115-122.
- Tejoyuwono Notohadiprawiro.1993. Dampak Pembangunan atas Tanah, Lahan dan Tata Ruang. Kursus Dasar-Dasar Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Gadjah Mada.
- Tejwani,K.G. 1981. Watershed Management as a Basic for Land Development and Management in India In *Tropical Agriculture Hydrology, Watershed Management and Land Use*. Edited by R.Lal and Russell,E.W. John Wiley & Sons.Chichester-New York-Brisbane-Toronto: 239-253.
- Thamizoli,P., Rengalakshami,R., Kumar,K.S. and Selvaraju,T. 2006. *Agronomic Rehabilitation and Livelihood Restoration of Tsunami Affected Lands in Nagapattinam District of Tamil Nadu*. M.S. Swaminathan Resesearch Foundation Chennai. India.

- Tim Sintesis Kebijakan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2008. Dampak perubahan Iklim terhadap Sektor Pertanian, serta Strategi Antisipasi dan Teknologi Adaptasi. Pengembangan Inovasi Pertanian I(2):138-140.
- The World Bank.2006. *Sustainable Land Management*. Agriculture and Rural Dev. The International Bank for Reconstruction dan Development.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang kehutanan.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah
- Undang-Undang Nomor 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan pemerintah Daerah.
- Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan.
- Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan.
- UNDP.2007. Sisi Lain Perubahan Iklim. Mengapa Indonesia harus Beradaptasi untuk Melindungi Rakyat Miskinnya. UNDP-Indonesia.
- Wahyudi Wardoyo, Suhariyanto dan Boen,M. Purnama.2001. *Law Enforcement and Forest Protection in Indonesia. Presented on The East-Asia Ministerial Coherence on Forest Law Enforcement and Governance*. September 11th 2001.

- Wanajat Kastolani.2011. Degradasi sub-Daerah Aliran Sungai (Sub Das) Citarik Hulu di Kabupaten Bandung dan Sumedang. <http://file.upi.edu/Direktori.diunduh> Januari 2011
- Wilding,L.P. 1994. *Factors of Soil Formation Contribution to Pedology. In Factors of Soil Formation. A Fiftieth Anniversary Restrospective.* SSSA Special Publication Number 33. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin USA:15-28.
- Wolfe,D. 2003. *Soil Health Assesment and Management; The Concepts.* Cornell University, Ithaca. New York. 5p.
- World Bank (2011). Indikator Pembangunan Dunia. <http://data.worldbank.org>. diunduh Juni 2011.
- Zachar,D.1982. *Soil Erosion. Developmt in Soil Science.* Elsevier Scientific Publiation and Co. New York : 137-199.

Biodata Penulis



Dr. Ir. Gunawan Budiyanto,M.P. adalah dosen negeri diperkerjakan (dpk) di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, mengajar matakuliah Iklim dalam Perspektif Al-Qur'an, Dasar Ilmu Tanah, Pengantar Arsitektur Lanskap, Desain Lanskap, Manajemen Sumberdaya Alam, Problematika Agroekosistem, Tataguna dan Evaluasi Lahan. Spesialisasi bidang pekerjaan: Evaluasi Lahan, Tata Ruang dan Kawasan, Manajemen Bencana. Buku yang telah diterbitkan adalah Ilmu Tanah dan Kesuburan Tanah, (Fak. Pertanian UMY,2005), Bahan Organik dan Pengelolaan Nitrogen Lahan Pasir (UNPAD Press,2009), Djamawi dan Muhammadiyah (Suara Muhammadiyah, 2010)

Pengalaman Pekerjaan :

1. Studi Kelayakan Lahan Tambak Bengkulu Selatan.
2. Perencanaan Teknis Satuan Pemukiman Transmigrasi di Kalimantan Tengah.
3. Program Pencetakan Sawah dan Pemukiman (P2SP) di Kalimantan Tengah.
4. Studi Potensi Lahan Pantai Samas Bantul.
5. Perencanaan Lanskap Obyek Wisata Gua Cerme dan Pantai Parangendok Bantul.
6. Analisis Dampak Lingkungan Pembangunan Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Di Tamantirto Kasihan Bantul Yogyakarta.
7. Tim Pengembangan Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta di Tamantirto Kasihan Bantul Yogyakarta.
8. Desain Tata Ruang Kawasan Pendukung Pelabuhan Tanjung Api-Api Kabupaten Banyuasin II Sumatera Selatan.
9. Penataan Kawasan Wisata Situ Gede Linggajaya Tasikmalaya Jawa Barat
10. Perencanaan Agrotechnopark Parangracuk Gunung Kidul DIY.
11. Anggota Tim Tanggap Darurat dan Program Pemulihan Bencana Gempa Jogja 2006 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
12. Ketua Tim Manajemen Tanggap Darurat dan Fase Pemulihan Bencana Erupsi Merapi 2010 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.