

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Letusan Gunung Merapi

Gunung Merapi adalah gunung berapi yang berada di bagian tengah Pulau Jawa dengan ketinggian puncak 2.968 m dan merupakan salah satu gunung api teraktif di Indonesia. Lereng sisi selatan berada dalam administrasi Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan sisanya berada dalam wilayah Provinsi Jawa Tengah, yaitu Kabupaten Magelang di sisi barat, Kabupaten Boyolali di sisi utara dan timur, serta Kabupaten Klaten di sisi tenggara. Kawasan hutan di sekitar puncaknya menjadi kawasan Taman Nasional Gunung Merapi sejak tahun 2004. Gunung ini sangat berbahaya karena menurut catatan modern mengalami erupsi (puncak keaktifan) setiap dua sampai lima tahun sekali dan dikelilingi oleh pemukiman yang sangat padat. Proses pembentukan Gunung Merapi telah dipelajari dan dipublikasi sejak 1989 dan seterusnya. Berthomier, seorang sarjana Prancis membagi perkembangan Merapi dalam empat tahap. Tahap pertama adalah Pra-Merapi (sampai 400.000 tahun yang lalu), yaitu Gunung Bibi yang bagiannya masih dapat dilihat di sisi timur puncak Merapi, tahap Merapi Tua terjadi ketika Merapi mulai terbentuk namun belum berbentuk kerucut (60.000 - 8000 tahun lalu). Sisa-sisa tahap ini adalah Bukit Turgo dan Bukit Plawangan di bagian selatan, yang terbentuk dari lava basaltik. Selanjutnya adalah Merapi Pertengahan (8000 - 2000 tahun lalu), ditandai dengan terbentuknya puncak-puncak tinggi, seperti Bukit Gajahmungkur dan Batulawang, yang tersusun dari lava andesit. Proses pembentukan pada masa ini ditandai dengan aliran lava, breksiasi lava, dan awan panas. Aktivitas Merapi telah bersifat letusan efusif (lelehan) dan eksplosif. Diperkirakan juga terjadi letusan eksplosif dengan runtuh material ke arah barat yang meninggalkan morfologi tapal kuda dengan panjang 7 km, lebar 1-2 km dengan beberapa bukit di lereng barat. Kawah Pasarbubar (atau Pasarbubrah) diperkirakan terbentuk pada masa ini. Puncak Merapi yang sekarang, Puncak Anyar, baru mulai terbentuk sekitar 2000 tahun yang lalu. (http://id.wikipedia.org/wiki/Gunung_Merapi).

Peningkatan status dari "normal aktif" menjadi "waspada" pada tanggal 20 September 2010 direkomendasi oleh Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian (BPPTK) Yogyakarta. Setelah sekitar satu bulan, pada tanggal 21 Oktober status berubah menjadi "siaga" sejak pukul 18.00 WIB. Pada tingkat ini kegiatan pengungsian sudah harus dipersiapkan. Karena aktivitas yang semakin meningkat, ditunjukkan dengan tingginya frekuensi gempa multifase dan gempa vulkanik, sejak pukul 06.00 WIB tanggal 25 Oktober BPPTK Yogyakarta merekomendasi peningkatan status Gunung Merapi menjadi "awas" dan semua penghuni wilayah dalam radius 10 km dari puncak harus dievakuasi dan diungsikan ke wilayah aman.

(http://id.wikipedia.org/wiki/Letusan_Merapi_2010).

Sejarah erupsi Gunung Merapi yang diketahui pernah terjadi dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 : Tabel Sejarah Erupsi Gunung Merapi
(DGWR), 2001b; Mananoma, 2008 dalam Jazaul Ikhsan, 2010)

Tahun	Aktivitas (tahun)	Aktivitas (tahun)	Waktu puncak letusan
1821			
1822*		1823 – 1831	
1832		1833 – 1836	
1837		1838 – 1845	
1846		1847	
1848			
1849*		1850 – 1861	
1862		1863 – 1864	
1865		1866 – 1868	
1869		1870	
1871-1872*	1	1872 – 1878	15 april 1872
1878 – 1879	1	1879 – 1881	1879
1882 – 1885	3	1885 – 1886	Januari 1883
1886 – 1888*	3	1888 – 1890	
1890 – 1891	1	1891 – 1892	Agustus 1891
1892 – 1894	2	1894 -1898	Oktober 1894

Tabel 2.1: Lanjutan

1898 – 1899	1	1899 – 1900	1898
1900 – 1907	7	1907 – 1908	Sepanjang tahun
1908 – 1913	5	1913 – 1914	1909
1914 – 1915	1	1915 – 1917	Maret – mei 1915
1917 – 1918	1	1918 – 1920	
1920 – 1924*	1	1924 – 1930	Februari – april 1922
1930 – 1935*	5	1935 – 1939	18 desember 1930 dan 27 april 1934
1939 – 1940	1	1940 – 1942	23 desember 1930 dan 27 april 1934
1942 – 1943*	1	1943 – 1948	Juni 1942
1948 - 1949	1	1949 – 1953	23 september 1948
1953 – 1954*	1	1954 - 1956	18 januari 1954
1956 – 1957	1	1957 – 1960	
1960 – 1962*	2	1962 – 1967	8 mei 1961
1967 – 1969*	2	1969 – 1972	8 januari 1969
1972 – 1974	2	1974 – 1975	13 desember 1972
1975 – 1985*	10	1985 – 1986	15 juni 1984
1986 – 1987	1	1987 – 1992	10 oktober 1986
1992 – 1993	1	1993	Februari 1992
1993 – 1994*	1	1994 – 1996	22 november 1994
1996 – 1997	1	1997 – 1998	14 – 17 januari 1997
1998*	1 bulan	1998 – 2000	11 – 19 juli 1998
2000 – 2001	1	2001 – 2006	10 februari
2006			juni

Catatan: *menunjukkan letusan besar

B. Lahar Dingin

Lahar dingin adalah campuran panas atau dingin dari air dan fragmen batuan dan pasir yang mengalir menuruni lereng gunung api atau lembah sungai. Material yang tertransportasikan di dalam lahar berkisar dari material berukuran butir lempung sampai bongkahan batu dengan diameter butiran lebih dari 10 m.

Lahar dingin memiliki ukuran dan kecepatan meluncur yang bervariasi serta dapat meluncur dan mengalir dengan kecepatan beberapa puluh meter per detik.

Lahar dingin dapat terjadi karena beberapa pemicu berikut ini, yaitu

- 1) Erupsi gunung api, dapat memicu lahar dingin secara langsung dengan pencairan salju dan es secara cepat pada suatu tubuh gunung api atau melontarkan air dari danau kawah.
- 2) Curah hujan yang tinggi selama atau setelah erupsi gunung api. Air hujan dapat dengan mudah mengerosi batuan vulkanik yang lepas-lepas dan tanah di lereng gunungapi atau bukit, dan di dalam lembah sungai.
- 3) Dimulai dari gerakan tanah dari batuan jenuh dan mengalami alterasi hidrotermal di lereng gunung api atau lereng bukit di dekatnya. Gerakan tanah dipicu oleh erupsi gunung api, gempa bumi, hujan, atau peningkatan tarikan gravitasi di gunung api.

Aliran lahar dingin yang bergerak cepat menuruni lembah sungai dan kemudian menyebar di dataran banjir di daerah kaki gunung api dapat menyebabkan kerusakan ekonomi dan lingkungan yang serius. Dampak langsung dari turbulensi yang terjadi di ujung aliran lahar atau dari bongkahan - bongkahan batuan dan kayu yang dibawa aliran lahar adalah menghancurkan, menggerus atau menggosok segala sesuatu yang ada di jalan jalur aliran lahar dingin. Bila tidak hancur atau tergerus oleh aliran lahar dingin, bangunan - bangunan dan lahan - lahan yang berharga dapat sebagian atau seluruhnya tertimbun oleh endapan lahar dingin. Aliran lahar dingin juga bisa merusak jalan dan jembatan sehingga aliran lahar dingin juga dapat menyebabkan orang - orang terisolasi atau terkurung di daerah bahaya erupsi gunung api. Selain memberikan dampak yang merugikan, aliran lahar dingin juga memberikan dampak yang menguntungkan, yaitu memberikan endapan batuan dan pasir yang sangat banyak yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Sebagai contoh, banyak aktifitas penambangan pasir dan batu yang dilakukan di lereng Gunung Merapi yang terletak di perbatasan Propinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Hal itu menunjukkan bahwa endapan lahar dingin dapat memberikan dampak positif kepada aktifitas perekonomian masyarakat secara langsung yang tinggal di sekitar gunung api, dan menyediakan bahan bangunan yang melimpah. Selain itu,

setelah bertahun - tahun, dan tanah terbentuk di permukaannya, endapan lahar dingin juga dapat menjadi lahan pertanian yang subur.

(<http://frischageografi.blogspot.com>).

C. Sungai

Sungai merupakan jalan air alami yang mengalir menuju samudra, danau, laut atau ke sungai yang lain. Pada beberapa kasus, sebuah sungai secara sederhana mengalir meresap ke dalam tanah sebelum menemukan badan air lainnya. Dengan melalui sungai merupakan cara yang biasa bagi air hujan yang turun di daratan untuk mengalir ke laut atau tampungan air yang besar seperti danau. Sungai terdiri dari beberapa bagian, bermula dari mata air yang mengalir ke anak sungai, beberapa anak sungai akan bergabung untuk membentuk sungai utama. Aliran air biasanya berbatasan dengan kepada saluran dengan dasar dan tebing di sebelah kiri dan kanan. Penghujung sungai di mana sungai bertemu laut dikenali sebagai muara sungai. Sungai merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Air dalam sungai umumnya terkumpul dari *presipitasi*, seperti hujan, embun, mata air, limpasan bawah tanah, dan di beberapa negara tertentu air sungai juga berasal dari lelehan es atau salju. Selain air, sungai juga mengalirkan sedimen dari lahar gunung api dan polutan.

Jenis sungai menurut jumlah airnya dibedakan yaitu :

1. Sungai permanen yaitu sungai yang debit airnya sepanjang tahun relatif tetap. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Kapuas, Barito dan Mahakam di Kalimantan, Sungai Musi di Sumatera.
2. Sungai *periodik* yaitu sungai yang pada waktu musim hujan airnya banyak, sedangkan pada musim kemarau airnya kecil. Contoh sungai jenis ini banyak terdapat di pulau Jawa misalnya sungai Bengawan Solo, Sungai Progo dan sungai Code di Daerah Istimewa Yogyakarta.
3. Sungai *intermittent* atau sungai *episodik* yaitu sungai yang pada musim kemarau airnya kering dan pada musim hujan airnya banyak. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Kalada di pulau Sumba.

4. Sungai *ephemeral* yaitu sungai yang ada airnya hanya pada saat musim hujan. Pada hakekatnya sungai jenis ini hampir sama dengan jenis *episodik*, hanya saja pada musim hujan sungai jenis ini airnya belum tentu banyak.

Pemanfaatan terbesar sebuah sungai adalah untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan sebenarnya potensial untuk dijadikan objek wisata sungai. Di Indonesia saat ini terdapat 5.950 daerah aliran sungai (<http://id.wikipedia.org/wiki/sungai>).

Menurut Soewarno, (1991), Aliran sungai dihubungkan oleh suatu jaringan satu arah dimana cabang dan anak sungai mengalir ke dalam sungai induk yang lebih besar dan membentuk suatu pola tertentu. Beberapa pola yang terdapat di Indonesia, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, yaitu:

1. Radial

Pola ini biasanya dijumpai di daerah lereng gunung berapi atau dengan topografi berbentuk kubah, misalnya : sungai di lereng G. Semeru di Propinsi Jawa Timur, G. Merapi di Daerah Istimewa Yogyakarta.

2. Rektangular

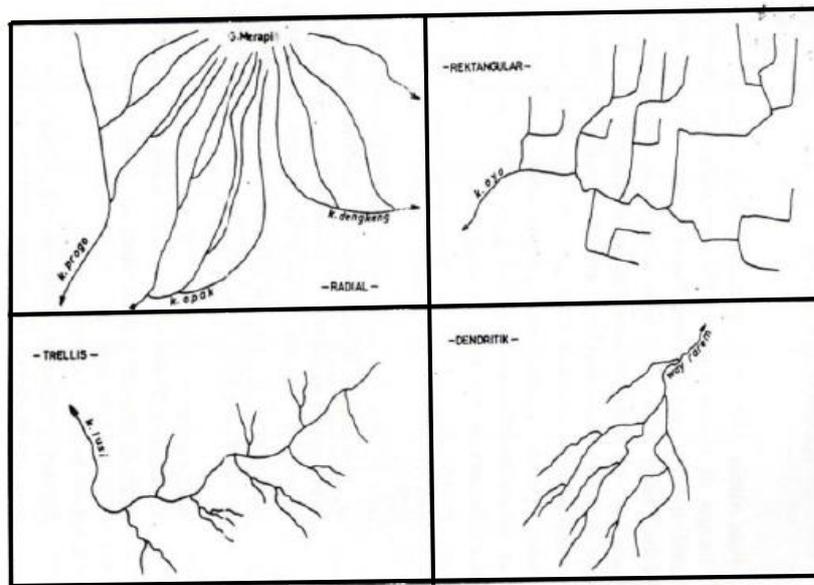
Terdapat di daerah batuan kapur, misalnya: di daerah G. Kidul di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

3. Trellis

Biasanya dijumpai pada daerah dengan lapisan sedimen di daerah pegunungan lipatan, misalnya: di daerah pegunungan lipatan di Propinsi Sumatera Barat.

4. Dendritik

Pola ini pada umumnya terdapat pada daerah dengan batuan sejenis dan penyebarannya luas, misalnya: suatu daerah ditutupi oleh endapan sedimen yang luas dan terletak pada suatu bidang horizontal di daerah dataran rendah bagian timur Sumatera dan Kalimantan.



Gambar 2.1 Sketsa pola aliran sungai (Soewarno,1991)

D. Alur Sungai

Menurut Soewarno,(1991), alur sungai dibagi menjadi tiga bagian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, yaitu:

1. Bagian Hulu

Bagian hulu merupakan sumber erosi karena pada umumnya alur sungai melalui pegunungan, perbukitan, atau lereng gunung api yang kadang-kadang mempunyai cukup ketinggian dari muka laut, apabila hujan turun sebagian dari air akan merembes dan sebagian lagi akan mengalir membawa partikel- partikel tanah sehingga menimbulkan erosi. Alur sungai di bagian hulu biasanya mempunyai kecepatan aliran yang lebih besar dari pada bagian hilir, sehingga pada saat banjir material hasil erosi yang diangkut tidak saja partikel sedimen yang halus akan tetapi juga pasir, kerikil bahkan batu.

2. Bagian Tengah

Merupakan daerah peralihan dari bagian hulu dan hilir, daerah ini merupakan daerah keseimbangan antara proses erosi dan pengendapan yang sangat bervariasi dari musim ke musim. Apabila aliran sungai berasal dari gunung api biasanya membawa pasir lepas dan kadang-kadang dapat terendap disembarang tempat sepanjang alur sungai tergantung kecepatan

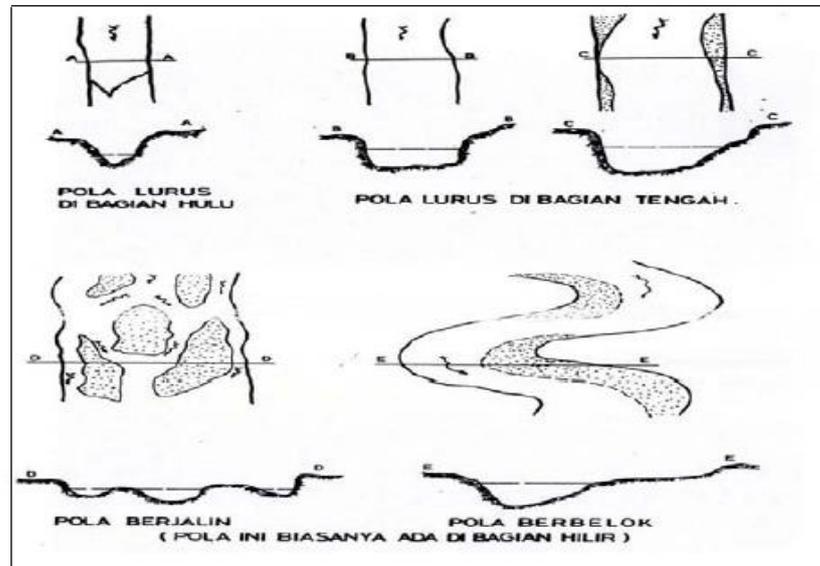
aliran. Pada saat banjir endapan tersebut dapat terangkut, apabila banjir menyusut proses pengendapan terjadi lagi. Dengan adanya dua proses yang telah diuraikan di atas maka alur sungai akan mengalami perubahan, kadang kadang perubahan itu terjadi pada periode yang sangat singkat, sehingga bentuk alurnya mempunyai pola berjaln (*braided*).

3. Bagian Hilir

Biasanya melalui daerah pedataran yang terbentuk dari endapan pasir halus sampai kasar, lumpur, endapan organik dan jenis endapan yang lainnya yang sangat labil. Alur sungai berbelok – belok yang disebut dengan *meander*. Bentuk alur demikian banyak dijumpai di daerah pedataran sebelah Timur Pulau Sumatera.

Alur sungai yang melalui daerah pedataran mempunyai kemiringan dasar sungai yang landai sehingga kecepatan alirannya lambat, keadaan ini memungkinkan menjadi lebih mudah terjadi proses pengendapan. Apabila terjadi banjir biasanya akan melimpas daerah kira kanan alur sehingga membentuk dataran banjir (*flood plain*) dan kadang – kadang juga membentuk tanggul alam (*natural levees*) sepanjang alur sungai.

Apabila bentuk alur sungai berbelok – belok dapat menyebabkan terjadinya erosi pada sisi luar palung sungai dan daerah endapan terjadi pada sisi dalam. Kedua proses tersebut akan menyebabkan perpindahan alur sungai sehingga alur lama akan msenjadi danau kecil (*oxbow lake*).



Gambar 2.2 Sketsa pola alur sungai (Soewarno, 1991)

E. Klasifikasi Sungai

Sungai umumnya dikelompokkan menurut ukurannya. Klasifikasi yang digunakan dalam pengelompokan sungai besar, sungai menengah, dan sungai kecil berdasarkan pada lebar sungai, kedalaman sungai, kecepatan aliran air, debit aliran dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS). Sedangkan berdasarkan sudut pandang ekologi terdapat klasifikasi berdasarkan vegetasi yang hidup di tebing atau di bantaran sungai.

Di bawah ini adalah beberapa klasifikasi yang bisa digunakan dalam membedakan sungai besar, menengah dan kecil.

1. Klasifikasi menurut Kern (1994) dalam Maryono (2005) dapat dilihat pada Tabel 2.2, yaitu:

Tabel 2.2. Klasifikasi Sungai Berdasarkan Pada Lebar Sungai (Maryono, 2005)

Klasifikasi Sungai	Nama	Lebar Sungai
Sungai Kecil	Kali Kecil Dari Suatu Mata Air	< 1 M
	Kali Kecil	1 – 10 M
Sungai Menengah	Sungai Kecil	10 – 20 M
	Sungai Menengah	20 – 40 M
	Sungai	40 – 80 M
Sungai Besar	Sungai Besar	80 – 220 M
	Bengawan	>220 M

2. Klasifikasi menurut Heinrich dan Hergt (1999) dapat dilihat pada Tabel 2.3, yaitu:

Tabel 2.3. Klasifikasi sungai berdasarkan pada lebar sungai dan luas DAS (Maryono, 2005)

Nama	Luas DAS	Lebar Sungai
Kali Kecil Dari Suatu Mata Air	0 – 2 Km ²	0 – 1 M
Kali Kecil	0 – 2 Km ²	1 – 3 M
Sungai Kecil	50 – 300 Km ²	3 – 10 M
Sungai Besar	>300 km ²	> 10 m

3. Klasifikasi Menurut Helfrich et al (dalam Heinrich dan Hergt, 1998)

Hal yang membedakan antara sungai kecil dan sungai besar hanya tergantung kepada pemberi nama pada pertama kalinya. Sungai kecil merupakan air dangkal yang mengalir di suatu daerah dengan lebar aliran tidak lebih dari 40 meter pada muka air normal. Sedangkan apabila lebar aliran lebih dari 40 meter disebut sungai atau sungai besar.

4. Klasifikasi Berdasarkan Vegetasi (LFU,2000)

Sesuai dengan klasifikasi sungai berdasarkan vegetasi, sungai kecil diartikan sebagai sebuah sungai dimana dahan dan ranting vegetasi pada kedua sisi tebingnya dapat menutupi sungai yang bersangkutan. Dengan kata lain jenis sungai kecil sangat bergantung pada keadaan vegetasi yang tumbuh di sekitar sungai.

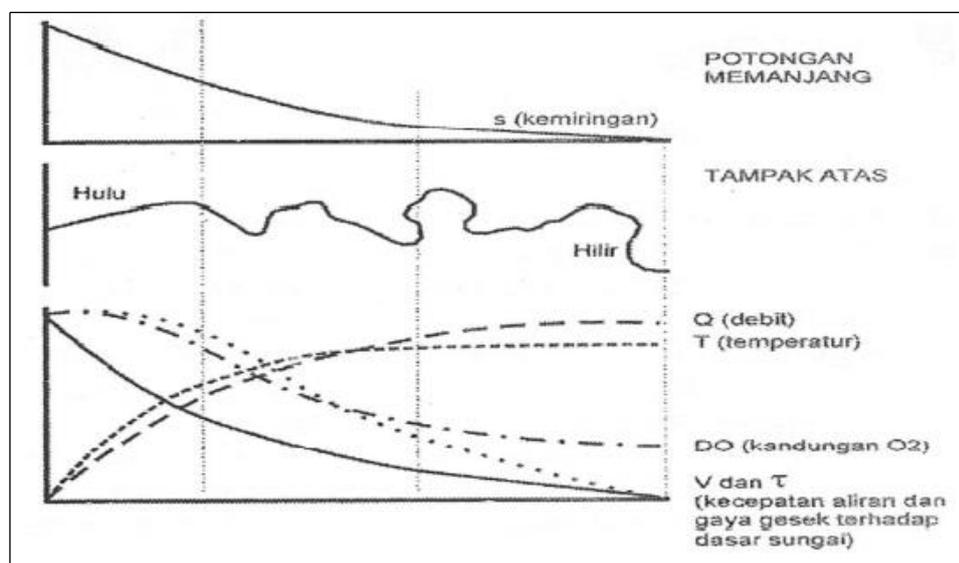
5. Klasifikasi Menurut Leopold et al. (1964)

Menurut Leopold et al. (1964) klasifikasi sungai kecil dan sungai besar didasarkan pada lebar sungai, tinggi sungai, kecepatan aliran sungai dan debit sungai. Jika lebar sungai cukup besar tetapi debit air kecil maka sungai tersebut kecil. Sedangkan sebaliknya jika lebar sungai tidak terlalu besar namun debitnya besar maka sungai tersebut disebut sungai besar, karena kedalaman maupun kecepatan aliran sungai tersebut besar. Sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa jenis sungai bergantung pada besar kecilnya debit aliran.

Untuk menjelaskan sungai lebih lanjut maka sungai dibagi menjadi zona memanjang maupun melintang. Tampang memanjang merupakan zonasi makro dari hulu sampai ke hilir dan tampang melintang adalah zonasi mikro dari daerah bantaran sisi sungai yang satu sampai bantaran sisi yang lainnya.

1. Zona Memanjang

Permulaan dari zona memanjang adalah sungai kecil dari mata air di daerah pegunungan, kemudian sungai menengah di daerah peralihan antara pegunungan dan dataran rendah, dan selanjutnya sungai besar pada dataran rendah sampai di daerah pantai. Pada umumnya ditemukan tiga pembagian zona sungai memanjang yakni sungai bagian hulu “*upstream*”, bagian tengah “*middle – stream*”, dan bagian hilir “*downstream*”. Dari hilir sampai ke hulu ini dapat ditelusuri perubahan perubahan komponen sungai seperti kemiringan sungai, debit sungai, temperature, kandungan oksigen, kecepatan aliran, dan kekuatan aliran terhadap erosi. Gambar 2.3 menunjukkan contoh umum zonasi memanjang sungai yang masih alamiah dari hulu sungai sampai hilir beserta perubahan perubahan komponen sungainya (Maryono, 2005).



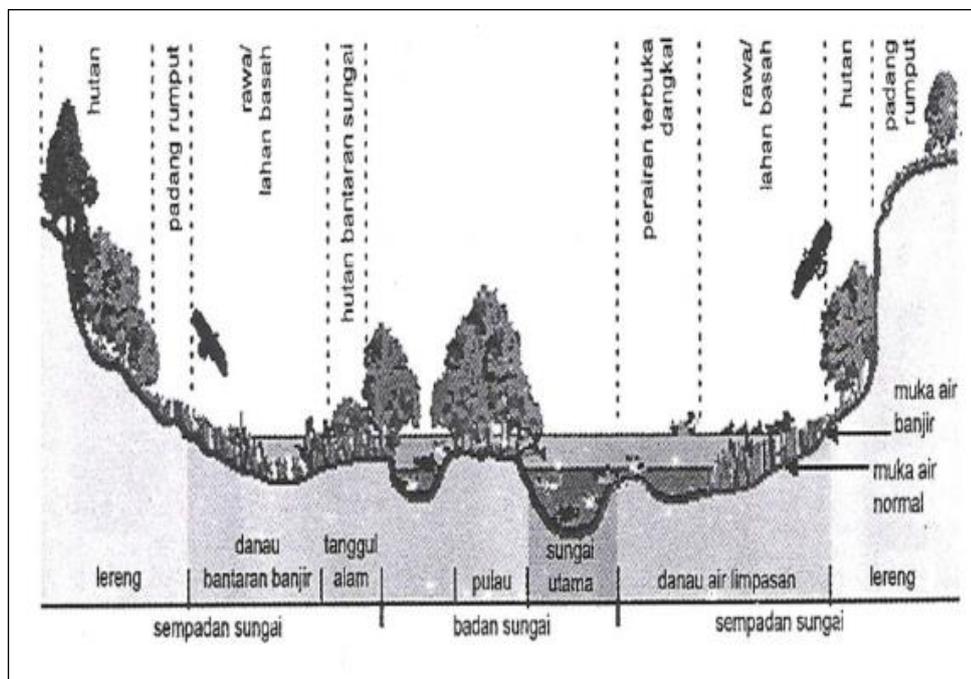
Gambar 2.3 Zona memanjang sungai (Maryono,2005).

Gambar diatas menjelaskan bahwa kemiringan sungai di bagian hulu tinggi dan semakin rendah saat mencapai hilir. Debit aliran sungai bagian hulu rendah dan semakin tinggi pada saat mencapai hilir dikarenakan kemiringan

sungai semakin kecil. Temperatur di hulu rendah dan semakin tinggi sesampainya di hilir. Kandungan oksigen (DO) di hulu tinggi dan semakin rendah sesampainya di hilir dikarenakan pengaruh dari temperature dan keadaan vegetasi sungai. Kecepatan aliran dan gaya gesek terhadap dasar sungai tinggi pada bagian hulu dan semakin rendah pada bagian hilir karena pengaruh dari kemiringan sungai dan debit aliran sungai.

2. Zona Melintang

Zona melintang sungai dibagi lagi menjadi tiga, yaitu zona akuatik (badan sungai), zona amphibi (daerah tebing sungai sampai pertengahan bantaran), dan zona teras sungai (daerah pertengahan bantaran yang sering tergenang air saat banjir sampai batas luar bantaran yang kadang – kadang terkena banjir). Kondisi biotik dan abiotik di ketiga zona tersebut dipengaruhi oleh ketinggian dan frekuensi banjir yang ada. Banjir (tinggi genangan air) merupakan factor dominan yang mempengaruhi perubahan kualitas dan kuantitas habitat serta morfologi sungai. Gambar 2.4 di bawah ini merupakan gambar zona melintang sungai. (Maryono, 2005)



Gambar 2.4 Zona melintang sungai (Maryono,2005)

F. Karakteristik Sungai Di Lereng Gunung Merapi

Sungai *volcanic* adalah sungai yang berhulu di gunung berapi dan mempunyai perbedaan *slope* dasar sungai yang besar antara daerah hulu (*upstream*), daerah tengah (*middlestream*), dan daerah hilir (*down stream*). Sehingga curah hujan yang tinggi dan erosi di bagian hulu akan menyebabkan jumlah sedimen yang masuk ke sungai sangat tinggi, tingginya jumlah sedimen yang masuk menyebabkan pedangkalan terutama di bagian hilir yang lebih rata dan landai, sehingga sering terjadi banjir di dataran rendah. Lebar aliran sungai di bagian hulu melebar dan cenderung menyempit di bagian hilir. Pola aliran pada sungai yang berhulu di lereng gunung berapi biasanya berbentuk radial (Soewarno, 1991).

G. Sedimen

Sedimen merupakan material hasil erosi yang dibawa oleh aliran sungai dari daerah hulu kemudian mengendap di daerah hilir. Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimentasi itu sendiri. Proses tersebut berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal diatas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. Untuk ukuran dan beratnya partikel tanah tersebut akan menentukan jumlah besarnya angkutan sedimen. Kemampuan tanah itu untuk terkikis tidak hanya tergantung pada ukuran partikel – partikelnya tetapi juga pada sifat fisik bahan organik dan organik yang terikat bersama sama partikel tersebut. Apabila partikel tanah tersebut terkikis dari permukaan bumi atau dari dasar dan tebing sungai maka endapan yang di hasilkan akan bergerak atau berpindah secara kontinyu menurut arah aliran yang membawanya menjadi angkutan sedimen yang dapat di ukur. (Soewarno,1991).

Menurut Soewarno (1991), muatan sedimen terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Muatan Sedimen Melayang

Muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran sungai dan terdiri terutama dari butiran – butiran pasir halus yang senantiasa di dukung oleh air dan hanya sedikit sekali intraksinya dengan dasar sungai karena selalu di dorong ke atas oleh turbulensi aliran.

Partikel sedimen melayang bergerak melayang di dalam aliran sungai apabila aliran itu turbulen, tetapi apabila aliran sungai itu laminermaka konsentrasi sedimennya akan berkurang dari waktu ke waku dan akhirnya mengendap, sama seperti halnya apabila keadaan aliran sungai itu tidak mengalir, seperti misalnya alirannya menggenang. akan tetapi pada umumnya aliran sungai adalah turbulen, dan oleh karena itu tenaga gravitasi partikel – partikel sedimen dapat ditahan oleh gerakan turbulensi aliran, putaran arus (*eddies*) membawa gerakan partikel sedimen kembali ke atas dan tidak mengendap. Muatan sedimen melayang di bagi menjadi tiga keadaan, yaitu:

- a. Apabila tenaga gravitasi sedimen lebih besar daripada tenaga turbulensi aliran maka partikel sedimen akan mengendap dan akan terjadi pemdangkalan (*agradasi*) pada dasar sungai.
- b. Apabila tenaga gravitasi sedimen sama dengan tenaga turbulensi aliran maka akan terjadi keadaan seimbang (*equilibrium*) dan partikel sedimen tersebut tetap konstan terbawa aliran sungai ke arah hilir.
- c. Apabila tenaga graavitasi sedimen lebih kecil daripada tenaga turbulensi aliran maka dasar sungai akan terkikis dan akan terjadi penggerusan (*degradasi*) pada dasar sungai.

2. Muatan Sedimen Dasar

Partikel partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan di sebut dengan muatan sedimen dasar (*bed load*). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukan oleh gerakan partikel partikel dasar sungai, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau melonjat lonjat akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang kadang dapat

sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut ke arah hilir, keadaan ini pada umumnya dapat dijumpai pada daerah kaki gunung api dimana material dasar sungainya terdiri dari pasir.

Tenaga yang pertama menggerakkan adalah tenaga Tarik (*drag force*) aliran yang dengan kapasitas tertentu dapat menggerakkan partikel – partikel di sepanjang dasar sungai. Pada umumnya dasar sungai merupakan persediaan material yang tidak terbatas untuk memenuhi kapasitas angkutan tersebut, apabila tenaga tarik tersebut berkurang maka jumlah partikel yang terangkut pun berkurang.

H. Porositas

Porositas adalah proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah. Tanah yang poroous berarti tanah yang cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan air dan udara sehingga mudah keluar masuk tanah secara leluasa. Ruang pori tanah ialah bagian yang diduduki oleh udara dan air. Jumlah ruang pori ini sebagian besar ditentukan oleh susunan butir – butir padat. Kalau letak mereka satu sama lain cenderung erat, seperti dalam pasir atau subsoil yang padat, porositas totalnya rendah. Sudah dapat diduga bahwa perbedaan besar jumlah ruang pori berbagai tanah bergantung pada keadaan. (Hanafiah,2005).

I. Hasil Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh Sedewa Windiatatama, dengan judul “Karakteristik Sungai Pabelan Bagian Hilir Pasca Erupsi Merapi 2010”. Program DIII Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, dengan hasil sebagai berikut:
 - a. Tipe morfologi menurut Dave Rosgen, pada lokasi di Sungai Senowo dan Sungai Pabelan bagian hilir yang ditinjau pasca erupsi Merapi tahun 2010 dapat diketahui pada lokasi SE-RD5 bertipe A2 didominasi batuan besar, SE-RD6 bertipe A2 didominasi batuan besar, SE- D2 bertipe A2

- didominasi batuan besar, SE-D3 bertipe A2 didominasi batuan besar, SED1 bertipe A2 didominasi batuan besar, SE-RD6a bertipe A2 didominasi batuan besar, SE-C2 bertipe A2 didominasi batuan besar, SE- C1 bertipe A2 didominasi batuan besar, PA – C1 (talun) bertipe A2 didominasi batuan besar, PA – C2 bertipe B2 didominasi batuan besar, PA – C5 bertipe B2 didominasi batuan besar.
- b. Dari hasil analisa distribusi butiran dapat diketahui pada lokasi SE – RD5 memiliki butiran bergradasi senjang, SE – RD6 memiliki butiran bergradasi buruk, SE – D2 memiliki butiran bergradasi senjang, SE – D3 bergradasi buruk, SE – D1 memiliki butiran bergradasi senjang, SE – RD6a memiliki butiran bergradasi buruk, SE – C2 memiliki butiran bergradasi senjang, SE – C1 bergradasi senjang, PA – C1 (talun) bergradasi buruk, PA – C2 memiliki butiran bergradasi senjang, PA – C5 bertipe B2 didominasi batuan besar.
- c. Kerusakan infrastruktur yang berada di Sungai Senowo dan Pabelan bagian hilir adalah dampak dari banjir lahar dingin yang disebabkan curah hujan yang tinggi di daerah lereng Gunung Merapi dan membawa endapan material lava di lereng Gunung Merapi pada tahun 2010, sehingga menimbulkan aliran dengan debit yang besar.
- d. Lahar dingin mengalir di Sungai Senowo dan Sungai Pabelan bagian hilir pasca erupsi Merapi tahun 2010 dapat merubah morfologi Sungai Senowo dan Sungai Pabelan bagian hilir.