

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Morfologi

Jazaul Ikhsan dan Galih wicaksono (2012), meliputi tentang Pengaruh Lahar Dingin Pasca Erupsi Merapi 2010 Terhadap Konsisi Fisik Sungai Progo Bagian Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan fisik Sungai Progo bagian tengah yang diakibatkan oleh lahar dingin pasca erupsi merapi 2010 dan angkutan sedimen yang terjadi pada pias sungai tersebut. Parameter yang digunakan untuk mengetahui perubahan fisik adalah perubahan morfologi sungai dan porositas sedimen dasar sungai. Data untuk analisis tipe morfologi sungai, angkutan sedimen dan nilai porositas dilakukan dengan pengambilan data lapangan dan pengujian laboratorium. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan morfologi sungai, terutama di pertemuan Sungai Progo-Pabelan dan Sungai Progo-Putih. Untuk parameter porositas sedimen dasar sungai, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilainya sama besar dari hulu ke hilir. Angkutan sedimen di pertemuan Sungai Progo-Pabelan mempunyai nilai yang paling besar dibandingkan dengan angkutan sedimen yang terjadi di titik tinjauan yang lain.

Galih (2012), meliputi tentang Tinjauan Morfologi, porositas dan angkutan sedimen material dasar Sungai Progo hilir pasca erupsi merapi tahun 2010. Bertujuan untuk mengetahui tipe morfologi sungai, porositas dan angkutan sedimen material dasar sungai progo hilir pasca erupsi merapi 2010. Untuk menentukan morfologi sungai digunakan acuan menurut Rosgen (1996), dan porositas sedimen menggunakan persamaan Sulaiman (2008), sedangkan untuk menentukan besarnya angkutan sedimen dasar sungai progo menggunakan persamaan Formula Einstein (1950). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lokasi 1 pertemuan Sungai Progo-Pabelan menunjukkan morfologi sungai bertipe D5, rata-rata diameter material dasar permukaan adalah 0,3 mm, nilai porositas 0,29,15 % dan kapasitas angkutans edimen sebesar 28,99 ton/hari.

Pada lokasi 2 Pertemuan Sungai Progo-Putih, morfologi sungai bertipe C5_b, rata-rata diameter material dasar permukaan adalah 0,25 mm, nilai porositas

29,23%, dan kapasitas angkutan sedimen sebesar 29,56 ton /hari. Pada lokasi 3 Jembatan Kebon Agung, morfologi sungai bertipe F5 dan rata-rata diameter material dasar permukaan adalah 0,38 mm, nilai porositas 29,098 % dan kapasitas angkutan sedimen sebesar 22,24 ton/hari.

B. Letusan Gunung Merapi

Gunung Merapi merupakan gunung api tipe strato, dengan ketinggian 2.980 meter dari permukaan laut. Secara geografis terletak pada posisi 7° 32' Lintang Selatan dan 110° 26,5' Bujur Timur. Secara administratif terletak pada 4 wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Sleman, Kabupaten Magelang, Kabupaten Boyalali dan Kabupaten Klaten. Letusan-letusan kecil dari Gunung Merapi biasanya terjadi setiap 2-3 tahun, sedangkan letusan besarnya terjadi sekitar 10-15 tahun sekali. Letusan besar Gunung Merapi diduga terjadi pada tahun 1006, 1786, 1822, 1872, dan 1930. Letusan pada tahun 2006 membuat seluruh bagian tengah pulau Jawa diselubungi abu vulkanik. Berdasarkan pengamatan timbunan debu, letusan pada tahun 1872 dianggap sebagai letusan terkuat dalam catatan geologi modern dan diperkirakan setara dengan letusan terbaru di Tahun 2010. Sejarah erupsi Gunung Merapi yang diketahui pernah terjadi dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini

Tabel 2. 1 Sejarah Erupsi Gunung Merapi

Tahun	Durasi Aktifitas (Tahun)	Durasi Non Aktifitas (Tahun)	Waktu Puncak Letusan
1821			
1822*		1823 – 1831	
1832		1833 – 1836	
1837		1838 – 1845	
1846		1847	
1848			
1849*		1850 – 1861	

Tabel 2.1 Lanjutan

1862		1863 – 1864	
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
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 1939 dan 24 Januari 1940
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 2001
2006			Juni 2006

Sumber : (*Directorate General Water Reasources (DGWR), Mananoma, 2008 dalam Ikhsan, 2010*)

Pada pertengahan September 2010 ,status kegiatan Gunung Merapi ditingkatkan dari Normal menjadi Waspada pada tanggal 10 September

2010,selanjutnya ditingkatkan kembali menjadi Siaga (Level III) pada 21 Oktober 2010,dan sejak 25 Oktober 2010 pukul 06.00 WIB,status kegiatan Gunung Merapi dinaikan dari ‘Siaga’ (Level III),menjadi Awasi (Level IV).Pada 26 Oktober 2010 Gunung Merapi mengalami erupsi pertama dan selanjutnya berturut turut hingga awal November 2010 .Kejadian erupsi tersebut mengakibatkan jatuhnya korban jiwa dan harta,bencana yang selanjutnya ditetapkan sebagai bencana alam .Bencana ini merupakan yang terbesar dibandingkan dengan bencana serupa dalam lima periode waktu sebelumnya yakni tahun 1994,1997,1998,2001,dan 2006.Bencana erupsi Gunung Merapi ini telah menimbulkan korban jiwa sebanyak 277 orang meninggal di wilayah D.I Yogyakarta dan 109 orang meninggal di wilayah Jawa Tengah.Selain menimbulkan korban jiwa dan luka-luka,bencana erupsi Gunung Merapi ini jugatelah mengakibatkan kerusakan dan kerugian besar di wilayah yang tersebar di 4 (empat)kabupaten ,yakni kabupaten Magelang ,Boyolali dan Klaten di provinsi Jawa Tengah,dan Kabupaten Sleman di provinsi D I Yogyakarta(BNPB.2011).

C. Lahar Dingin

Bahaya Gunung Merapi tidak hanya bahaya primer (lava pijar dan awan panas) saja,tetapi juga bahaya sekunder (lahar dingin).Banyaknya suplai material merupakan bahaya serius untuk masyarakat tetapi hal itu juga menjadi peluang sebagai sumber mata pencaharian (Ikhsan,dkk 2009).Hingga saat ini material vulkanik yang hanyut terbawa banjir lahar dingin mencapai hamper 50 juta m³,sisanya 100 juta m³ menjadi ancaman setiap hujan deras. (Ikhsan,Wicaksana : 2012)

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

D. Sungai

Sungai merupakan jalan air alami, mengalir menuju samudera, danau, laut, atau kesungai yang lain. Pada beberapa kasus, sebuah sungai secara sederhana mengalir meresap ke dalam tanah sebelum menemukan badan air lainnya. 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 saluran dasar dan tebing di sebelah kiri dan kanan. Penghujung sungai di mana sungai bertemu laut dikenal sebagai muara sungai. Manfaat 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 (Maryono , 2003).

1. Jenis Sungai

Jenis Sungai menurut jumlah airnya dibedakan yaitu :

- a. 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.
- b. 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.
- c. Sungai intermitten 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.
- d. 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.

Jenis sungai menurut genetiknya dibedakan :

- a) Sungai konsekwen yaitu sungai yang arah alirannya searah dengan kemiringan lereng
- b) Sungai subsekwen yaitu sungai yang aliran airnya tegak lurus dengan sungai konsekwen
- c) Sungai obsekwen yaitu anak sungai subsekwen yang alirannya berlawanan arah dengan sungai konsekwen
- d) Sungai insekwen yaitu sungai yang alirannya tidak teratur atau terikat oleh lereng daratan

- e) Sungai resekwen yaitu anak sungai subsekwen yang alirannya searah dengan sungai konsekwen.

2. Pola Aliran 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 aliran sungai yang terdapat di Indonesia, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, yaitu:

- a. 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.

- b. Rektangular

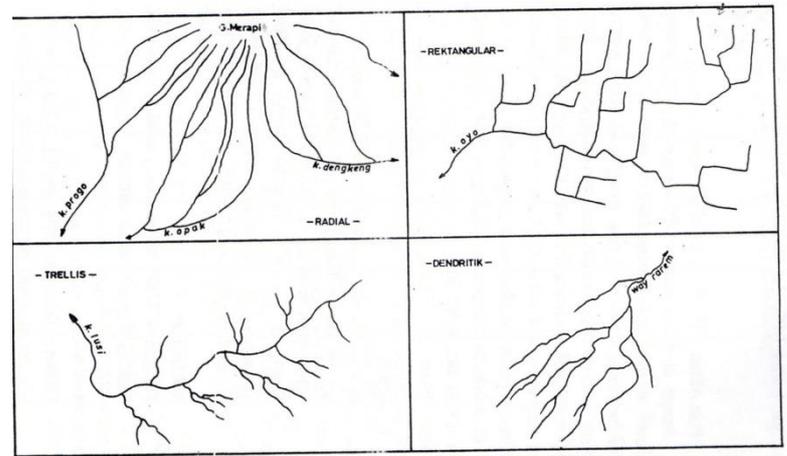
Terdapat di daerah batuan kapur, misalnya: di daerah G. Kidul di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

- c. Trellis

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

- d. 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).

E. Alur Sungai

Menurut Soewarno (1991), alur sungai dibagi menjadi tiga bagian seperti yang di tunjukan 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

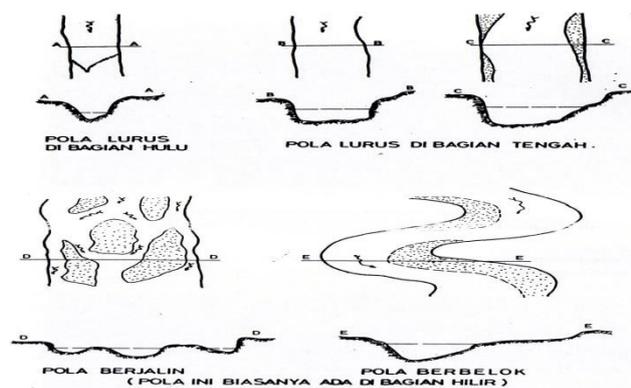
atas maka alur sungai akan mengalami perubahan, kadang kadang perubahan itu terjadi pada periode yang sangat singkat, sehingga bentuk alurnya mempunyai pola berjalin (*braided*).

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 di jumpai 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)

F. 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) dapat dilihat pada Tabel 2.2 :

Tabel 2.2. Klasifikasi sungai berdasarkan pada lebar sungai

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

Sumber: (Kern, 1994, dalam Maryono, 2005)

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

Tabel 2.3. Klasifikasi sungai berdasarkan pada lebar sungai dan luas DAS

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

Sumber: (Heinrich dan Hergt, 1999 dalam Maryono, 2005)

3. Klasifikasi Menurut Helfrich et al.

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.

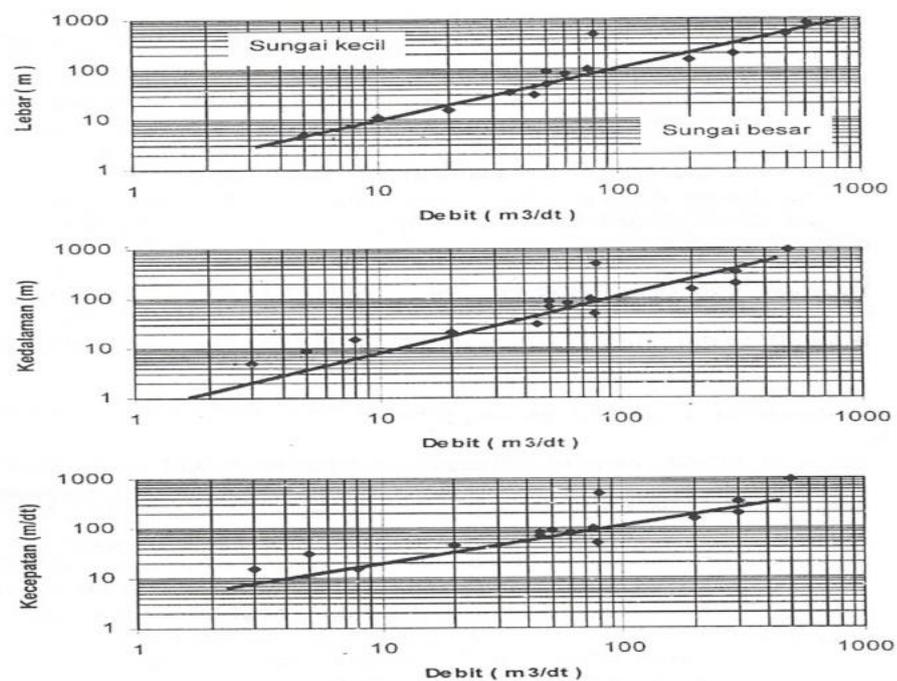
4. Klasifikasi Berdasarkan Vegetasi (LFU, 2000).

Sesuai dengan klasifikasi sungai berdasarkan vegetasi, sungai kecil diartikan sebagai sebuah sungai di mana 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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3 :



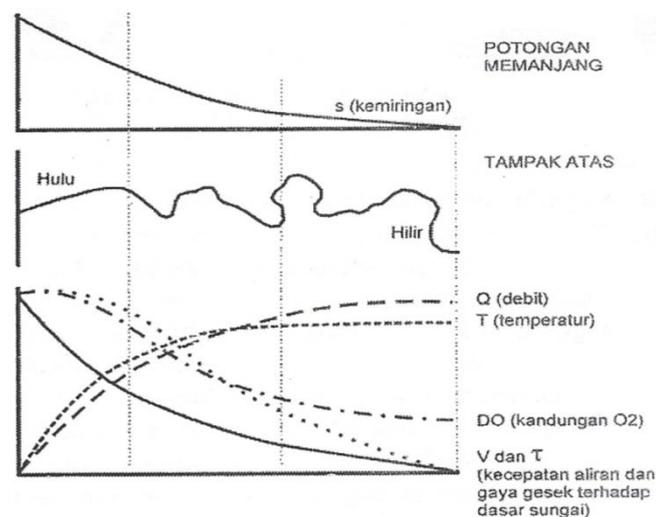
Gambar 2.3. Hubungan lebar sungai, tinggi sungai, kecepatan aliran sungai, dan debit sungai. (Leopold, dkk, 1964, dalam Maryono, 2005)

Pada Gambar 2.3 terlihat jika lebar sungai cukup besar tapi debit air kecil maka sungai tersebut sungai kecil. Sedangkan sebaliknya jika lebar sungai tidak terlalu besar namun debitnya besar maka bisa disebut sebagai 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.

a. 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. Dari literatur morfologi sungai yang ada 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, temperatur, kandungan oksigen, kecepatan aliran, dan kekuatan aliran terhadap erosi. Gambar 2.4 menunjukkan contoh umum zonasi memanjang sungai yang masih alamiah dari hulu sampai hilir beserta perubahan-perubahan komponen sungainya, (Maryono, 2005).



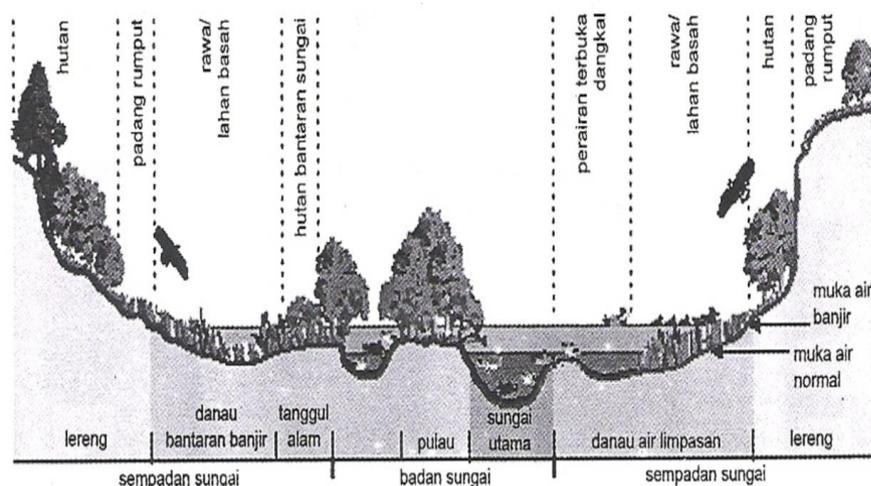
Gambar 2.4. Zona memanjang sungai. (Maryono, 2005)

Gambar 2.4 menjelaskan bahwa kemiringan sungai di bagian hulu tinggi dan semakin rendah pada saat mencapai hilir. Debit aliran sungai bagian hulu rendah dan semakin tinggi sesampainya di 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 temperatur 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. Jadi antar faktor di atas saling mempengaruhi dan membentuk suatu keadaan yang dinamis.

b. Zona Melintang

Zona melintang sungai dibagi lagi menjadi 3, 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 kena banjir). Kondisi biotik dan abiotik di ketiga zona tersebut dipengaruhi oleh lama, ketinggian, dan frekuensi banjir yang ada. Banjir (tinggi genangan air) merupakan faktor dominan yang mempengaruhi perubahan kualitas dan kuantitas habitat serta morfologi sungai. Gambar zona melintang sungai untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Zona melintang sungai. (Maryono, 2005)

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 didalam 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 laminar maka konsentrasi sedimennya akan berkurang dari waktu ke waktu 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 ditunjukkan 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 kea rah hilir, keadaan ini pada umumnya dapat dijumpai pada daerah kaki gunung api dimana material dasar sungainya terdiri dari pasir.

Sungai mengalirkan air bersama sedimen yang terdapat dalam aliran air tersebut. Di bagian hulu kandungan sedimennya tinggi, tetapi setelah sampai di bagian hilir terjadilah pengendapan. Akibat dari pengendapan yang terus menerus maka endapan akan menjadi lebih tinggi dari dataran sekitarnya, dan alur sungai berpindah mencari dataran yang elevasinya lebih rendah. Alur sungai yang stabil dapat dicapai, apabila dapat diatur kapasitas sedimen yang masuk kedalam alur sungai seimbang dengan kapasitas yang keluar di muara sungai. Menurut ukurannya, sedimen dibedakan menjadi liat, debu, pasir, dan pasir besar (Dunne dan Leopold, Dalam Maryono 2005). Untuk lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ukuran jenis sedimen pasir dan lempung

Jenis Sedimen	Ukuran Partikel (mm)
Liat	<0.0039
Debu	0.0039-0.0625
Pasir	0.0625-2.0
Pasir Besar	2.0-64.0

Sumber: Dunne dan Leopold, 1978 dalam Maryono, 2005