

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan umum menyangkut keadaan Sub DAS Dengkeng, yang merupakan bagian dari DAS Bengawan Solo dengan luas DAS kurang lebih 16.100 km² dan panjang total alur sungai kurang lebih 600 km, berlokasi di bagian tenggara Jawa Tengah. Sub DAS Dengkeng yang merupakan bagian dari DAS Bengawan Solo mencakup enam wilayah kabupaten, yaitu : Kabupaten Wonogiri, Sukoharjo, Klaten, Sleman, Gunung Kidul dan Boyolali (BPDAS Solo) dengan jumlah total luas sub DAS Dengkeng yaitu 822,153 km².

Dalam penyusunan Sistem Informasi Geografi (SIG) secara umum adalah kegiatan perencanaan, persiapan, pengumpulan data, penentuan metode penyusunan informasi. Pelaksanaan pekerjaan pemetaan ini untuk mengetahui potensi banjir dan daerah rawan banjir. Dari pemetaan tersebut dapat diketahui penyebab banjir yang sering terjadi di daerah Sub DAS Dengkeng

2.2 Studi Tentang Daerah Aliran Sungai (DAS)

2.2.1 Pengertian Daerah Aliran Sungai (DAS)

Konsep daerah aliran sungai atau sering disingkat dengan DAS merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi. Mengingat DAS yang besar terdiri dari Sub DAS-Sub DAS, maka secara umum pengertian Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas di daratan. Sub DAS adalah bagian DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama (Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.32/MENHUT-II/2009).

Menurut Chay Asdak (2010) DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama. DAS (*watershed* atau *drainage basin*) adalah suatu area di permukaan bumi yang didalamnya terdapat sistem pengaliran yang terdiri dari satu sungai utama (*main stream*) dan beberapa anak cabangnya (*tributaries*), yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air dan mengalirkan air melalui satu *outlet*.

2.2.2 Ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS)

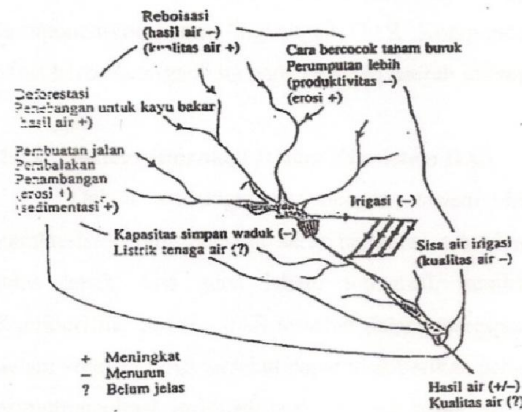
Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Sistem tersebut mempunyai sifat tertentu, tergantung pada jumlah dan jenis komponen yang menyusunnya. Dalam mempelajari ekosistem DAS, daerah aliran sungai dibagi menjadi daerah Hulu, daerah tengah, dan daerah Hilir. Menurut Chay Asdak (2010) secara biogeofisik, daerah Hulu DAS dicirikan sebagai berikut:

- a. Merupakan daerah konservasi.
- b. Mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi.
- c. Merupakan daerah dengan kemiringan lereng besar (lebih besar dari 15%).
- d. Bukan merupakan daerah banjir.
- e. Pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase.
- f. Jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan.

Sementara daerah Hilir DAS dicirikan sebagai berikut:

- a. Merupakan daerah pemanfaatan.
- b. Kerapatan drainase lebih kecil.
- c. Merupakan daerah dengan kemiringan lereng kecil sampai dengan sangat kecil (kurang dari 8%).
- d. Pada beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan).
- e. Pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi.
- f. Jenis vegetasi didominasi tanaman pertanian kecuali daerah esturia yang didominasi hutan bakau atau gambut.

Daerah aliran sungai bagian tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogofisik DAS yang berbeda diatas. Keterkaitan biofisik antara daerah Hulu dan Hilir suatu DAS dapat ditunjukkan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.1 Hubungan biofisik antara daerah Hulu dan Hilir suatu DAS (Asdak, 2010)

2.2.3 Fungsi Suatu Daerah Aliran Sungai (DAS)

Fungsi DAS adalah sebagai penampung air hujan yang jatuh dari langit, penyimpanan dan pendistribusian air tersebut ke saluran-saluran atau sungai. Fungsi suatu DAS merupakan fungsi gabungan yang dilakukan oleh seluruh sektor yang ada pada DAS tersebut, yaitu vegetasi, bentuk wilayah (topografi), tanah dan manusia. Apabila salah satu dari faktor-faktor tersebut di atas mengalami perubahan, maka hal tersebut akan mempengaruhi juga ekosistem DAS tersebut. Sedangkan perubahan ekosistem juga akan menyebabkan gangguan terhadap bekerjanya fungsi DAS sehingga tidak sebagaimana mestinya..

2.2.4 Siklus Hidrologi DAS

Siklus hidrologi merupakan gerakan perputaran air di permukaan bumi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut dan tak pernah berhenti. Dalam siklus hidrologi, energi panas matahari dan faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses *evaporasi* pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil *evaporasi* akan terbawa oleh angin melintasi

daratan, dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan maka sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. Sebelum mencapai permukaan tanah, air hujan tersebut akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian besar dari air hujan tersebut akan tersimpan di permukaan tajuk selama proses pembasahan tajuk dan sebagian lainnya akan jatuh ke atas permukaan tanah melalui sela-sela daun atau mengalir kebawah melalui permukaan batang pohon.

Air hujan yang telah mencapai permukaan tanah selanjutnya akan bergerak secara kontinu dengan tiga cara yang berbeda:

- a. *Evaporasi-transpirasi* yaitu proses terjadinya awan dari penguapan air yang ada di laut, daratan, sungai, dll.
- b. *Infiltrasi* yaitu proses pergerakan air ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah
- c. Aliran air permukaan, yaitu proses pergerakan air di atas permukaan tanah menuju ke aliran utama (sungai) atau danau.

2.3 Studi tentang Banjir

Menurut SK SNI M-18-1989-F (1989) dalam Suparta (2004) dalam Matondang (2013) dijelaskan bahwa banjir adalah aliran yang relatif tinggi, dan tidak tertampung oleh alur sungai atau saluran. Aliran yang dimaksud disini adalah aliran air yang sumbernya bisa dari mana aja. Dan air itu keluar dari sungai atau saluran karena sungai atau salurannya sudah melebihi kapasitasnya. Kondisi inilah yang disebut banjir. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan banjir, meliputi:

1. hujan deras, terus menerus dalam beberapa hari,
2. permukaan tanah tidak dapat menyerap air, karena jenuh atau karena dipilester,
3. debit air sungai yang tinggi karena hujan terus menerus,
4. permukaan tanah yang lebih rendah dari daerah sekitarnya, di mana tidak terdapat saluran-saluran pembuangan air yang berfungsi untuk memindahkan air ke lokasi lain menyeberangi daerah sekitarnya yang lebih tinggi,

5. permukaan tanah yang lebih rendah dari permukaan laut yang sedang pasang.

Menurut ahli hidrologi banjir-banjir di Indonesia itu dibagi menjadi tiga jenis, antara lain:

1. Banjir Lokal

Banjir ini merupakan banjir yang terjadi akibat air yang berlebihan ditempat itu dan meluap juga ditempat itu. Pada saat curah hujan tinggi dilokasi setempat dimana kondisi tanah dilokasi itu sulit dalam melakukan penyerapan air (bisa karena padat, bisa juga karena kondisinya lembab, dan bisa juga karena daerah resapan airnya tinggal sedikit atau juga karena terjadinya limpasan permukaan) maka kemungkinan terjadinya banjir lokal akan sangat tinggi sekali.

2. Banjir karena sungainya meluap

Banjir jenis ini biasanya terjadi akibat dari sungai tidak mampu lagi menampung aliran air yang ada disungai itu akibat debit airnya sudah melebihi kapasitas.

3. Banjir akibat pasang surut air laut (ROB)

Saat air laut pasang, ketinggian muka air laut akan meningkat, otomatis aliran air di bagian muara sungai akan lebih lambat dibandingkan bila saat laut surut. Selain melambat, bila aliran air sungai sudah melebihi kapasitasnya (ditempat yang datar atau cekungan) maka air itu akan menyebar ke segala arah dan terjadilah banjir.

Dalam penelitian ini jenis banjir yang akan dianalisa adalah jenis banjir lokal yang diakibatkan limpasan permukaan sungai yang sering terjadi pada musim penghujan.

2.4 Studi tentang Limpasan

Salah satu komponen dalam siklus hidrologi adalah limpasan hujan. Komponen limpasan hujan dapat berupa *runoff* (aliran permukaan) ataupun aliran yang lebih besar seperti aliran air di sungai.

Limpasan akibat hujan ini dapat terjadi dengan cepat dan dapat pula setelah beberapa jam setelah terjadinya hujan. Lama waktu kejadian hujan puncak dan aliran puncak sangat dipengaruhi oleh kondisi wilayah tempat jatuhnya hujan. Makin besar perbedaan waktu kejadian hujan puncak dan debit puncak, makin baik kondisi wilayah tersebut dalam menyimpan air di dalam tanah.

Untuk mengetahui daerah yang terkena dampak dari limpasan yang cukup luas diperlukan sistem digital dengan bantuan komputer. GIS (*Geographical Information System*) dapat membantu teknik digital tersebut. Ukuran luas daerah juga menentukan peta dasar yang digunakan, apakah cukup merujuk kepada peta topografi, perlu foto udara atau bahkan citra satelit. Dari hasil tersebut dapat dianalisa faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya limpasan tersebut.

2.4.1 Pengertian Limpasan

Limpasan adalah apabila intensitas yang jatuh di suatu DAS melebihi kapasitas *infiltrasi*, setelah laju *infiltrasi* terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Atau limpasan permukaan terjadi ketika laju hujan lebih besar dari pada laju *infiltrasi* dan persamaan limpasan permukaan selalu dikembangkan berdasarkan pada kondisi tersebut (Asdak, 2010).

Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) diatas permukaan tanah. Faktor yang menyebabkan limpasan dan genangan air hujan dipengaruhi lima hal yaitu intensitas curah hujan, jenis tutupan lahan, kemiringan lereng, jenis tanah, dan kerapatan aliran.

Beberapa variable yang ditinjau dalam analisis banjir adalah volume banjir, debit puncak, tinggi genangan, lama genangan dan kecepatan aliran. Komponen-komponen limpasan terdiri dari :

1. Aliran Permukaan

Aliran Permukaan (*surface flow*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan tanah. Aliran permukaan disebut juga aliran langsung (*direct runoff*). Aliran permukaan dapat terkonsentrasi menuju sungai dalam waktu singkat, sehingga aliran permukaan merupakan penyebab utama terjadinya banjir.

2. Aliran Antara

Aliran antara (*interflow*) adalah aliran dalam arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara terdiri dari gerakan air dan lengas tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah.

3. Aliran air tanah

Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut.

2.4.2 Proses Terjadinya Limpasan

Proses ini diawali dengan air hujan yang turun ke permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah dan sebagian lainnya tidak sampai ke permukaan tanah karena adanya *evapotranspirasi*. Setelah beberapa saat permukaan tanah menjadi jenuh karena telah menampung air sesuai dengan kapasitas *infiltrasinya*.

Karena curah hujan yang lebih tinggi dari jumlah total *infiltrasi* dan *evapotranspirasi* air kemudian naik kembali ke permukaan. Air tersebut mencari cekungan-cekungan permukaan tanah untuk diisi dan sebagian lagi, mengalir di atas permukaan tanah. Aliran tersebutlah yang dinamakan aliran permukaan atau limpasan. Dengan jumlah curah hujan yang tinggi, lama waktu hujan yang lama dan penyebaran hujan pada tempat atau permukaan tanah yang sudah jenuh dapat menyebabkan terjadinya banjir lokal atau limpasan.

2.4.3 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Limpasan

Menurut Asdak (2010) faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan adalah:

1. Intensitas Hujan.

Pada hujan dengan intensitas tinggi, kapasitas *infiltrasi* akan terlampaui dengan beda yang cukup besar dibandingkan dengan hujan yang kurang intensif. Sehingga total volume limpasan akan lebih besar pada hujan intensif dibandingkan dengan hujan yang kurang intensif meskipun curah hujan total untuk kedua curah hujan tersebut sama besarnya.

2. Lama Waktu Hujan

Infiltrasi akan berkurang pada tingkat awal suatu kejadian hujan. Oleh karena itu, hujan dengan waktu yang singkat tidak banyak menghasilkan limpasan. Pada hujan dengan intensitas yang sama dan dengan waktu yang lebih lama akan menghasilkan limpasan yang lebih besar.

3. Distribusi Curah Hujan

Laju limpasan dan volume terbesar terjadi ketika seluruh DAS tersebut ikut berperan, dengan kata lain hujan turun merata di seluruh wilayah DAS yang bersangkutan.

4. Luas DAS

Semakin besar luas DAS, ada kecenderungan semakin besar jumlah curah hujan yang diterima. Akan tetapi, beda waktu antara puncak curah hujan dan puncak hidrograf aliran menjadi lemah. Demikian pula waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak hidrograf dan lama untuk keseluruhan hidrograf aliran juga menjadi lebih panjang.

5. Kemiringan Lereng DAS

Semakin besar kemiringan lereng suatu DAS, maka akan semakin cepat laju limpasan dan dengan demikian mempercepat respon DAS tersebut oleh adanya curah hujan. Bentuk topografi seperti kemiringan lereng, keadaan parit dan bentuk cekungan permukaan tanah lainnya akan mempengaruhi laju volume limpasan.

6. Bentuk DAS

Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju limpasan daripada DAS berbentuk melebar walaupun luas keseluruhannya sama. Hal ini terjadi karena limpasan pada bentuk DAS memanjang tidak terkonsentrasi secepat pada DAS dengan bentuk melebar, dan curah hujan pada DAS memanjang tampaknya kurang merata.

7. Kerapatan Daerah Aliran (Drainase)

Kerapatan aliran adalah jumlah dari semua aliran/sungai (km) dibagi dengan luas DAS (km²). Semakin tinggi kerapatan daerah aliran maka

semakin besar kecepatan untuk curah hujan yang sama. Oleh karenanya, dengan kecepatan daerah aliran tinggi, debit puncak akan tercapai dalam waktu yang lebih cepat.

8. Vegetasi dan cara bercocok tanam.

Vegetasi dapat memperlambat jalannya limpasan dan memperbesar jumlah air yang tertahan di atas permukaan tanah, dengan demikian dapat menurunkan laju limpasan.

2.4.4 Koefisien Limpasan dan Prakiraan Limpasan

Koefisien air larian (C) merupakan bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan (Asdak,2010). Secara umum, koefisien air larian dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Koefisien air larian (C)} = \text{air larian (mm)} / \text{curah hujan} \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai koefisien C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi masuk kedalam tanah, sedangkan nilai koefisien air larian 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai air larian. Sebagai contoh, misal nilai C=0,20 artinya 20% dari total curah hujan akan menjadi air larian. Hal ini berarti semakin besarnya nilai koefisien air larian dan tidak terserap kedalam tanah.

Nilai koefisien air larian juga menentukan bagian curah hujan yang akan mengalir sebagai air larian. Besar kecilnya nilai C tergantung pada *permeabilitas* dan kemampuan tanah dalam menampung air. Nilai C kecil menunjukkan bahwa sebagian besar air ditampung untuk waktu tertentu, sementara daerah dengan nilai C besar menunjukkan bahwa hampir semua air hujan akan menjadi air larian.

Untuk menentukan besarnya nilai C maka perlu adanya pemberian harkat, bobot, dan skor atau nilai total dari hasil kali harkat dan bobot pada setiap parameter. Dimana pemberian harkat pada setiap parameter adalah sama dari 1-5, sedangkan pemberian bobot tergantung pada pengaruh dari setiap parameter yang memiliki faktor paling besar dalam kerawanan banjir. Pengklasifikasian parameter

kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, kerapatan aliran dan penggunaan lahan dikutip dari **PERATURAN MENTERI KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR : P. 32/MENHUT-II/2009 TENTANG TATA CARA PENYUSUNAN RENCANA TEKNIK REHABILITASI HUTAN DAN LAHAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (RTkRHL-DAS)** dalam Penilaian Kekritisitas Daerah Resapan (Opsional) tentang Teknik Penentuan Klasifikasi Tingkat *Infiltrasi*.

Tabel 2.1 Faktor pembobot setiap parameter kerawanan banjir.

No.	Parameter	Bobot
1	Kemiringan lereng	5
2	Jenis Tanah	3
3	Aliran permukaan	3
4	Curah hujan	2
5	Penggunaan lahan	2

Sumber : Zuidam, 1979; CSR/FAO dan Staff, 1983 dalam Matondang, 2013

a) Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah faktor yang sangat besar pengaruhnya terhadap tingkat kerawanan banjir. Semakin landai kemiringan lerengnya maka aliran limpasan permukaan akan semakin lambat yang bisa menyebabkan kerawanan banjir. Sebaliknya semakin curam/terjal kemiringan lerengnya maka aliran limpasan permukaan akan semakin cepat, sehingga air yang jatuh ke tanah akan mengalir dengan cepat. Berikut adalah klasifikasi tingkatan kemiringan lereng.

Tabel 2.2 Klasifikasi dan skor kemiringan lereng untuk limpasan

No	Lereng (%)	Deskripsi	Transform Nilai Faktor		Bobot	Skor
			<i>Infiltrasi</i> (fc)	Harkat		
1	<8	Datar	>0,80	5	5	25
2	8-15	Landai	0,70-0,80	4		20
3	15-25	Bergelombang	0,50-0,70	3		15
4	25-40	Curam	0,20-0,50	2		10
5	>40	Sangat curam	<0,20	1		5

Sumber : Chow, 1968 dalam Matondang, 2013

b) Jenis Tanah

Jenis Tanah sangat berpengaruh pada proses *infiltrasi* atau daya resap tanah bila dibandingkan dengan kapasitas air hujan yang turun langsung ke tanah tidak melebihi atau lebih kecil dari kapasitas *infiltrasi*, maka laju dari *infiltrasi* bisa dikatakan sama dengan intensitas hujan. Pengkelasan dari *infiltrasi* berdasarkan tekstur tanah yang mempengaruhi laju dari *infiltrasi*.

Tabel 2.3 Klasifikasi dan skor jenis tanah untuk limpasan

No	Deskripsi	Jenis tanah	Permeabilitas (cm/Jam)	Tranform Nilai Faktor		Bobot	Skor
				<i>Infiltrasi</i> (fc)	Harkat		
1	Lambat	Aluvial	<0,5	<0,04	5	3	15
2	Agak Lambat	Latosol	0,5-2,0	0,04-0,10	4		12
3	Sedang	Regosol	2,0-6,3	0,10-0,20	3		9
4	Agak Cepat	Andosol Coklat	6,3-12,7	0,20-0,45	2		6
5	Cepat	Andosol Hitam	>12,7	>0,45	1		3

Sumber : USDA, 1951; Hamer, 1978 dalam Matondang, 2013

c) Kerapatan Aliran

Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Peran drainase permukaan ini sangat optimal dalam pengaliran air limpasan. Semakin tinggi kerapatan drainase permukaan maka semakin kecil terjadi resiko terjadinya banjir, karena dengan aliran yang banyak maka dengan cepat air akan dialirkan ke tempat yang lebih rendah. Dengan mengetahui luas dari setiap satuan pemetaan aliran permukaan, maka dapat diketahui kerapatan aliran permukaan (Matondang, 2013).

$$\text{Kerapatan aliran} = \frac{\text{Jumlah aliran panjang tiap satuan pemetaan}}{\text{Luas satuan pemetaan}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Tabel 2.4 Klasifikasi tingkat dari aliran permukaan berdasarkan kerapatan aliran.

No.	Kerapatan Aliran (Km/Km ²)	Harkat	Bobot	Skor
1	<0,62	5	3	15
2	0,62-1,44	4		12
3	1,45-2,27	3		9
4	2,28-3,10	2		6
5	>3,10	1		3

Sumber : Linsey (1959), Meijerink (1970), dan Ortiz (1977) dalam Matondang, 2013

d) Curah Hujan

Curah hujan bisa menjadi faktor utama dalam terjadinya banjir, walaupun tidak semua banjir disebabkan oleh air hujan. Secara potensial, *infiltrasi* akan lebih besar untuk hujan dengan periode waktu terjadinya lebih panjang.

Informasi curah hujan sebagai berikut : jumlah curah hujan bulanan rata-rata, banyaknya hari hujan rata-rata dalam satu bulan, dan curah hujan harian rata-rata untuk bulan tertentu diperlukan untuk menghitung *erosivitas* hujan bulanan rata-rata ataupun *erosivitas* hujan tahunan (dengan metode Bols ataupun Lenvain). Diperlukan juga data jangka panjang, sekurang-kurangnya selama 10 tahun dan akan lebih baik jika lebih dari 20 tahun.

Hasil perhitungan nilai Hujan *Infiltrasi* tersebut dalam kaitannya dengan potensial *infiltrasinya* dapat diklasifikasikan sebagai-berikut :

Tabel 2.5 Klasifikasi tingkat curah hujan.

No	Deskripsi	Nilai "hujan <i>infiltrasi</i> " RD	Harkat	Bobot	Skor
1	Sangat besar	> 5500	5	2	10
2	Besar	4500 – 5500	4		8
3	Agak besar	3000 – 4500	3		6
4	Sedang	1500 – 3000	2		4
5	Rendah	< 1500	1		2

Sumber : Chow, 1968, Wiersum & Supriyo Ambar, 1980 dalam Matondang, 2013

e) Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan merupakan parameter faktor penyebab kerawanan banjir yang memiliki hubungan erat dengan air limpasan. Masing-masing penggunaan lahan tentunya memiliki koefisien limpasan permukaan (*C*). Dimana

air hujan yang jatuh langsung dialirkan menjadi limpasan permukaan yang menyebabkan rawan banjir sangat dipengaruhi oleh nilai koefisien limpasan permukaan. Berikut adalah tabel pengkelasan penggunaan lahan.

Tabel 2.6 Klasifikasi dan skor penggunaan lahan untuk limpasan

Klasifikasi		Tipe Penggunaan Lahan	Harkat	Bobot	Skor
No	Deskripsi				
1	Kecil	Pemukiman, Sawah, Rawa	5	2	10
2	Agak kecil	Tegalan, Ladang	4		8
3	Sedang	Semak, padang rumput	3		6
4	Agak besar	Hutan, perkebunan	2		4
5	Besar	Pasir	1		2

Sumber : Chow, 1968; Suwardjo, 1975; Wiersum & Ambar, 1980; S. Ambar, 1986 dalam Larasati, 2012

Proses selanjutnya setelah adanya skoring dan pembobotan adalah proses *overlay* merupakan proses tumpang susun, yaitu menggabungkan dua atau lebih data grafis untuk memperoleh data grafis baru yang memiliki satuan pemetaan (unit pemetaan). Hasil dari *overlay* akan diperoleh satuan pemetaan baru (peta baru).

Untuk pembuatan Peta Kerawanan Banjir metode aritmatika yang digunakan pada proses *overlay* dari parameter-parameter kerawanan banjir berupa metode pengkalian antara harkat dengan bobot pada masing-masing parameter kerawanan banjir. Formula yang digunakan dalam proses *overlay* dengan menggunakan metode aritmatika adalah sebagai berikut (Matondang, 2013):

$$KB = (5 \times KL) + (3 \times JT) + (3 \times JD) + (2 \times CH) + (2 \times PL) \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- KB : Kerawanan Banjir
- KL : Kemiringan Lereng
- JT : Jenis Tanah
- JD : Jaringan Drainase
- CH : Curah Hujan
- PL : Penggunaan Lahan

Selanjutnya adalah pembuatan interval kelas tingkat kerawanan banjir dengan menggunakan range kelas kerawanan banjir, dimana nilai interval

dilakukan dengan pendekatan relatif dengan cara melihat nilai maksimum dan nilai minimum satuan pemetaan. Dan jumlah kelas tingkat kerawanan ada 5 (lima) dimulai dari sangat rawan, rawan, cukup rawan, agak rawan, tidak rawan. Berikut adalah formula dari penentuan interval kelas, yakni (Matondang, 2013):

$$IK = \frac{N_{mak} - N_{min}}{JK} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- IK : Interval Kelas
- Nmaks : Nilai Maksimum
- Nmin : Nilai Minimum
- JK : Jumlah Kelas

Untuk memprakirakan besarnya limpasan dapat menggunakan metoda rasional (U.S. Soil Conservation Service, 1973) yang dianggap memadai. Persamaan matematik metode rasional untuk memprakirakan besarnya limpasan (Asdak, 2010) adalah sebagai berikut:

$$Q = 0.0028 C i A \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

- Q = air larian atau limpasan (debit) puncak (m³/dtk)
- C = koefisien air larian/limpasan
- i = intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas wilayah DAS (ha)

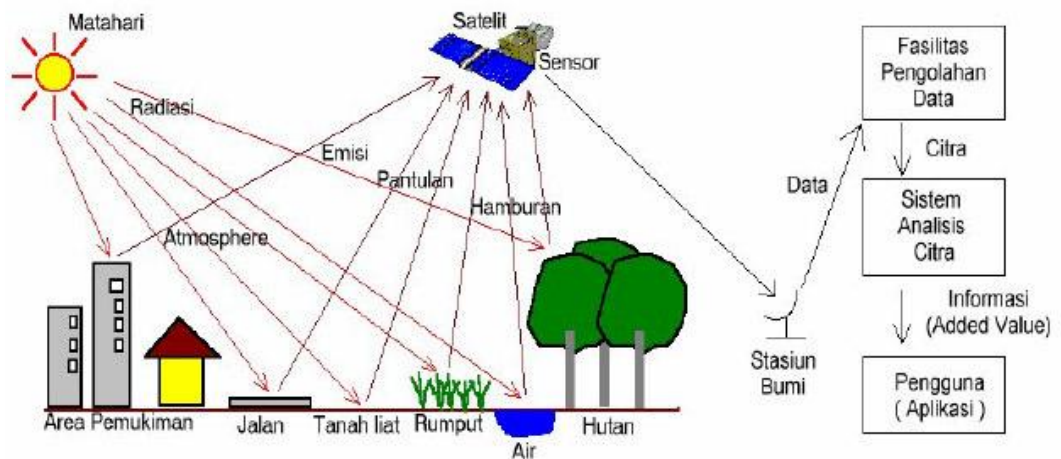
2.5 Penginderaan Jauh

2.5.1 Definisi Penginderaan Jauh

Teknologi penginderaan jauh satelit merupakan penginderaan jauh non-fotografik, yang merupakan pengembangan dari penginderaan jauh fotografik atau fotogrametri. Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen, meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data, dan berbagai penggunaan data.

Inderaja berkembang pesat setelah diluncurkannya ERTS (*Earth Resources Technology Satelite*) pada tahun 1972. Awal tahun 1960 sudah mulai

pengembangan indera walaupun terbatas pada penelitian dan analisis foto udara *multispectral scanner* dan digitalisasi foto udara.



Gambar 2.2 Sistem Penginderaan Jauh (<http://geosel.site90.com/>)

2.5.2 Data Landsat

Citra Landsat yang sampai saat ini sudah sampai generasi ke-7 merekam citra menggunakan berbagai panjang gelombang elektromagnetik yang diwujudkan pada setiap saluran perekaman datanya. Identifikasi citra Landsat didasarkan pada karakteristik sifat perekamannya. Jenis citra yang direkam Landsat hingga saat ini adalah Landsat MSS dan Landsat TM / ETM +, yang pada setiap saluran/ kanal (band) mempunyai karakteristik dan kemampuan aplikasi atau penggunaan yang berbeda. Berikut karakteristik spektral dan kecocokan aplikasi setiap saluran pada citra Landsat (MSS dan TM/ETM) (Purwadhi, 2001).

Tabel 2.7 Karakteristik dan kemampuan aplikasi setiap saluran (band) Landsat

(Sumber : *Landsat Handbook, 1986 dan Program Landsat 7, 1998*)

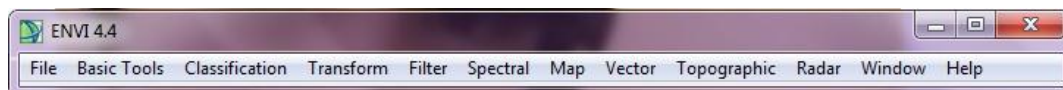
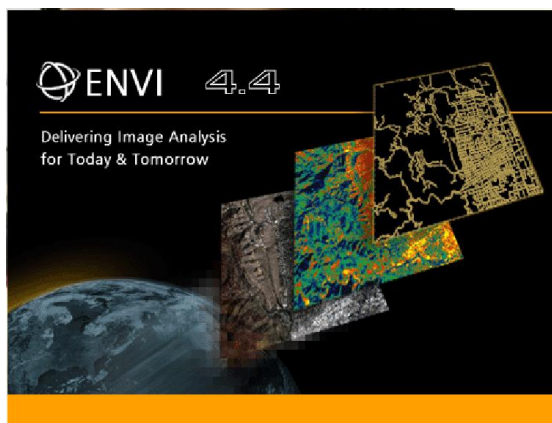
Landsat MSS		Landsat 5TM dan Landsat 7 ETM+	
Saluran / band (μm)	Aplikasi / Penggunaan	Saluran / band (μm)	Aplikasi / Penggunaan
Saluran 4 (0,50-0,60)	<ul style="list-style-type: none"> • Tanggap tubuh air dan penetrasi tubuh air • Mendeteksi muatan sedimen • Puncak pantulan 	Saluran (TM=ETM+) (0,45-0,52)	<ul style="list-style-type: none"> • Tanggap peningkatan penetrasi air • Mendukung analisis sifat khas

	vegetasi membedakan subur/ tidak, identifikasi tanaman		lahan, tanah, vegetasi
Saluran 5 (0,60-0,70)	<ul style="list-style-type: none"> • Kontras kenampakan vegetasi dan bukan vegetasi • Membantu identifikasi penutup lahan, kenampakan alam dan budaya • Tanggap terhadap biomasa vegetasi • Kontras tanaman, tanah, air 	Saluran 2 (0,52-0,60) (LS 5 TM) (0,53-0,61) (LS 7 ETM+)	<ul style="list-style-type: none"> • Mengindera puncak pantulan vegetasi • Menekankan perbedaan vegetasi dan nilai kesuburan • Memisahkan vegetasi • Serapan klorofil dan memperkuat kontras vegetasi/ bukan vegetasi
Saluran 7 (0,80-1,10)	<ul style="list-style-type: none"> • Tanggap perbedaan antara tanah, air, vegetasi • Membantu menentukan kondisi kelembaban tanah • Kandungan air tanaman 	Saluran 4 TM (0,76-0,90) TM = ETM+ (0,78-0,90)	<ul style="list-style-type: none"> • Tanggap biomasa vegetasi • Identifikasi dan kontras tanaman, tanah, air
		Saluran 5 TM = ETM+ (1,55-1,75)	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan jenis vegetasi dan kandungan airnya • Menentukan kelembaban tanah
		Saluran 6 TM = ETM+ (10,4-12,5)	<ul style="list-style-type: none"> • Deteksi suhu obyek • Analisis gangguan vegetasi • Perbedaan kelembaban tanah
		Saluran 7 TM (2,08-2,35) ETM+	<ul style="list-style-type: none"> • Pemisahan formasi batuan • Analisis bentuk lahan

		(2,09-2,35)	
		Saluran 8 ETM+ (0,50-0,90) LS5 TM tidak ada saluran pankromatik	<ul style="list-style-type: none"> • Pemetaan planimetrik • Identifikasi pemukiman • Kontras bentang alam dan budaya • Identifikasi kenampakan geologi

2.5.3 Pengenalan Mengenai *Software ENVI*

ENVI 4.4 merupakan salah satu *software* (perangkat lunak) yang digunakan dalam aplikasi penginderaan jauh untuk mengolah data citra. Beberapa perangkat lunak serupa yang juga memiliki fungsi yang sama antara lain ERDAS Imagine, Er Mapper, PCI, dan lain-lain. Masing-masing *software* memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing.



Gambar 2.3 Tampilan *Software ENVI 4.4*

2.5.4 Koreksi Geometrik

Geometrik memuat informasi data yang mengacu bumi (*geo-referenced data*), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang

terkandung di dalamnya. Kesalahan geometrik citra dapat terjadi karena posisi dan orbit maupun sikap sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi, serta adanya relief atau ketinggian yang berbeda dari permukaan bumi yang diindera (Purwadhi, 2001).

Tujuan koreksi geometrik antara lain melakukan *rektifikasi* (pembetulan) atau *restorasi* (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografi, *registrasi* (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain atau mentransformasikan sistem koordinat multispektral atau multitemporal, serta registrasi citra ke peta atau transformasi sistem koordinat citra ke peta yang menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

Rektifikasi yang merupakan suatu proses melakukan transformasi data dari satu sistem grid menggunakan suatu transformasi geometrik. Oleh karena posisi piksel pada citra output tidak sama dengan posisi piksel input (aslinya) maka piksel-piksel yang digunakan untuk mengisi citra yang baru harus di *resampling* kembali. *Resampling* adalah suatu proses melakukan ekstrapolasi nilai data untuk piksel-piksel pada sistem grid yang baru dari nilai piksel citra aslinya.

2.5.5 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Klasifikasi citra merupakan suatu proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan semua piksel (yang terdapat di dalam *band* citra yang bersangkutan) ke dalam beberapa kelas (kelompok) berdasarkan suatu kriteria atau katagori objek. Tujuan proses ini adalah untuk melakukan kategorisasi secara otomatis dari semua piksel citra ke dalam kelas penutup lahan atau suatu tema tertentu. Metode klasifikasi yang digunakan yaitu *Supervised Classification* (klasifikasi terbimbing).

Supervised Classification merupakan metode yang di mulai dengan pengenalan pola *spectral*, prosedur *training area*, penyusunan kunci *interpretasi*, dan klasifikasi hingga pengeluarannya. Pada proses klasifikasi terawasi ini digunakan data penginderaan jauh *multispektral* yang berbasis numerik, maka pengeluaran polanya merupakan proses otomatis dengan bantuan komputer. Klasifikasi tersebut akan menghasilkan Peta *Tematik* dalam bentuk *raster*. Setiap

pixel yang terdapat di dalam setiap kelas hasil klasifikasi diasumsikan memiliki karakteristik yang *homogen*.

Kegiatan klasifikasi terawasi ini dilakukan dengan membuat *training area* terhadap objek-objek yang memiliki kenampakan yang sama dan dimasukkan kedalam kelasnya masing-masing. Pembagian kelas ditentukan sesuai dengan kebutuhan. *Training area* merupakan contoh informasi kelas-kelas yang akan dklasifikasikan, seperti hutan, lahan kosong, sawah, permukiman, dan lain sebagainya.

2.5.6 Uji Ketelitian Klasifikasi

Penelitian menggunakan data dan metode tertentu perlu dilakukan uji ketelitian, karena hasil uji ketelitian sangat mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data maupun metode analisisnya. Salah satu cara uji ketelitian yaitu menggunakan metode *confusion matrik*. *Confussion matrix* merupakan perhitungan setiap kesalahan pada setiap bentuk penutup/penggunaan lahan dari hasil proses klasifikasi citra.

Tingkat akurasi pemetaan ditentukan dengan menggunakan Uji ketelitian klasifikasi mengacu pada Short (1982) dalam Purwadi (2001) dengan formula:

$$MA = (Xcr \text{ pixel}) / (Xcr \text{ pixel} + Xo \text{ pixel} + Xco \text{ pixel}) \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

MA = ketelitian pemetaan (mapping accuracy)

Xcr = jumlah kelas X yang terkoreksi

Xo = jumlah kelas X yang masuk ke elas lain (omisi)

Xco = jumlah kelas X tambahan dari kelas lain (komisi)

2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)

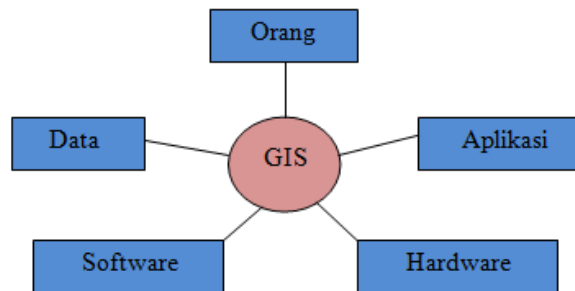
Pengertian *Geographic Information System* atau Sistem Informasi Geografis (SIG) sangatlah beragam, karena memang defenisi SIG selalu berkembang, bertambah dan sangat bervariasi, dibawah ini adalah beberapa definisi SIG, diantaranya :

1. Darmawan, A. 2006 menyatakan Sistem Informasi Geografi (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat.
2. Imantho. 2004 (dalam Prahasta , Eddy. 2005.) menyatakan Sistem Informasi Geografis (GIS) merupakan suatu bidang kajian ilmu yang relatif baru yang dapat digunakan oleh berbagai bidang disiplin ilmu sehingga berkembang dengan sangat cepat. Secara umum, satu fungsi dari GIS yang sangat penting adalah kemampuan untuk menganalisis data, terutama data spasial yang kemudian menyajikannya dalam bentuk suatu informasi spasial berikut data atributnya (Imantho. 2004).
3. Kang-Tsung Chang. 2002 (dalam Prahasta , Eddy. 2005.), mendefinisikan SIG sebagai : *is an a computer system for capturing, storing, querying, analyzing, and displaying geographic data.*
4. Arronoff. 1989 (dalam Prahasta , Eddy. 2005.), mendefinisikan SIG sebagai suatu sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*). Hasil akhir (*output*) dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi.

Dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) memiliki empat komponen utama, kombinasi yang benar antara keempat komponen utama ini akan menentukan kesuksesan suatu proyek pengembangan.

Komponen utama Sistem Informasi Geografi, yaitu: (Darmawan, A. 2006)

- a. Perangkat keras (*digitizer, scanner, Central Processing Unit (CPU), hard-disk, dan lain-lain*),
- b. Perangkat lunak (*ArcView, Idrisi, ARC/INFO, ILWIS, MapInfo, arc view dan lainnya*),
- c. Organisasi (*management*), dan Pemakai (*user*)



Gambar 2.4 Komponen Utama SIG

Data-data yang diolah dalam SIG, yaitu (Darmawan, A. 2006) :

1. Data spasial, merupakan data yang berkaitan dengan lokasi keruangan yang umumnya berbentuk peta.
2. Data atribut dalam bentuk digital, merupakan data tabel yang berfungsi menjelaskan keberadaan berbagai objek sebagai data spasial.

Struktur data spasial dibagi dua yaitu model data raster dan model data vektor. Data raster adalah data yang disimpan dalam bentuk kotak segi empat (*grid*) sel sehingga terbentuk suatu ruang yang teratur. Data vektor adalah data yang direkam dalam bentuk koordinat titik yang menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik, garis atau area (*polygon*).

Menurut Darmawan (2006) Sistem informasi geografi menyajikan informasi keruangan dan atributnya yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. Masukan data

Merupakan proses pemasukan data pada komputer dari peta (peta topografi dan peta tematik), data statistik, data hasil analisis penginderaan jauh data hasil pengolahan citra digital penginderaan jauh, dan lain-lain. Data-data spasial dan atribut baik dalam bentuk analog maupun data digital tersebut dikonversikan kedalam format yang diminta oleh perangkat lunak sehingga terbentuk basis data (*database*).

2. Penyimpanan data dan pemanggilan kembali (*data storage* dan *retrieval*)

Merupakan proses penyimpanan data pada komputer dan pemanggilan kembali dengan cepat (penampilan pada layar monitor dan dapat ditampilkan atau cetak pada kertas).

3. Manipulasi data dan analisis

Merupakan kegiatan yang dapat dilakukan berbagai macam perintah misalnya *overlay* antara dua tema peta, membuat *buffer zone* jarak tertentu dari suatu area atau titik dan sebagainya. Manipulasi dan analisis data merupakan ciri utama dari SIG. Kemampuan SIG dalam melakukan analisis gabungan dari data spasial dan data atribut akan menghasilkan informasi yang berguna untuk berbagai aplikasi.

4. Pelaporan data

Merupakan proses menyajikan data dasar, data hasil pengolahan data dari model menjadi bentuk peta atau data tabular. Bentuk produk suatu SIG dapat bervariasi baik dalam hal kualitas, keakuratan dan kemudahan pemakainya. Hasil ini dapat dibuat dalam bentuk peta-peta, tabel angka-angka: teks di atas kertas atau media lain (*hard copy*), atau dalam cetak lunak (*softcopy*).

2.7 Pengenalan Mengenai *Software ArcGIS*

Perangkat lunak *ArcGIS* merupakan perangkat lunak SIG yang baru dari ESRI, yang memungkinkan kita memanfaatkan data dari berbagai format data. Dengan *ArcGIS* kita memanfaatkan fungsi *desktop* maupun jaringan. Dengan *ArcGIS* kita bisa memakai fungsi pada level *ArcView*, *ArcEditor*, *Arc/Info* dengan fasilitas *ArcMap*, *Arc Catalog* dan *Toolbox*. Materi yang disajikan adalah konsep SIG, pengetahuan peta, pengenalan dan pengoperasian *ArcGIS*, input data dan manajemen data spasial, pengoperasian *Arc Catalog*, komposisi atau tata letak peta dengan *ArcMap*.

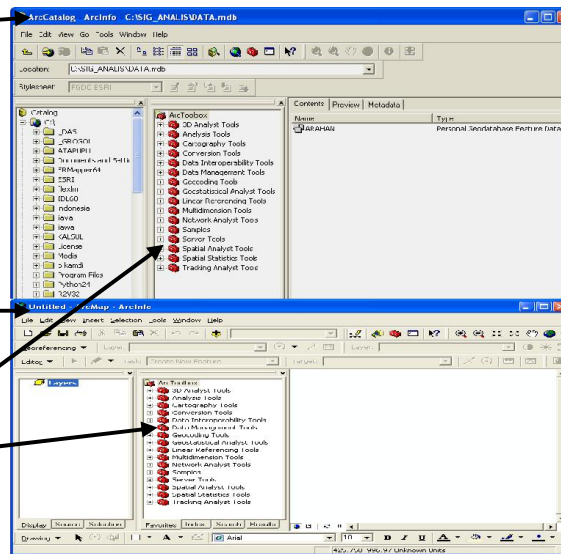
ArcGIS menyediakan sebuah kerangka kerja bertingkat bagi satu atau lebih pengguna pada *desktop*, *server*, Web, dan untuk di lapangan. *ArcGIS* merupakan integrasi dari produk-produk *software* GIS untuk membangun sebuah Sistem Informasi Geografi yang lengkap, terdiri dari 4 lingkungan kerja utama untuk pengembangan GIS (Satar, M.2007 dalam Hastono, 2012) :

- a. *ArcGIS* Desktop adalah sebuah rangkaian yang terintegrasi dari aplikasi GIS professional. Kebanyakan pengguna mengenalnya dalam tiga produk: *ArcView*, *ArcEditor*, and *ArcInfo*.

- b. *Server GIS, ArcIMS, ArcGIS Server, dan ArcGIS Image Server.*
- c. *Mobile GIS, ArcPad dan ArcGIS Mobile untuk di survei lapangan.*
- d. *ESRI Developer Network (EDN), Untuk pengembangan komponen software, GIS desktops, GIS applications, GIS services dan aplikasi web, serta pembuatan mobile solutions. Semuanya berbasis ArcObjects (a common, modular library of re-useable GIS software components).*

Tiga bagian dari ArcGIS 9.3:

1. ArcCatalog merupakan alat atau fasilitas untuk melihat/mencari, mengorganisasi, mengatur, mendistribusikan, dan mendokumentasikan kumpulan data SIG.
2. ArcMap merupakan alat atau fasilitas untuk membuat, melihat, query, mengedit, menyusun, dan mempublikasikan data/peta.
3. ArcToolbox merupakan aplikasi sederhana yang berisikan fasilitas-fasilitas untuk melakukan



Gambar 2.5 *Komponen ArcGIS*

2.8 Kondisi Wilayah Penelitian

2.8.1 Letak dan Luas

DAS Bengawan Solo merupakan DAS terluas di wilayah sungai Bengawan Solo yang meliputi Sub DAS Bengawan Solo Hulu, Sub DAS Kali Madiun, Sub DAS Bengawan Solo Hilir. Sub DAS Dengkeng merupakan bagian dari DAS Bengawan Solo Hulu dengan luas DAS kurang lebih 16.100 km² dan panjang total alur sungai kurang lebih 600 km, berlokasi di bagian tenggara Jawa Tengah. Sub DAS Dengkeng mencakup enam wilayah kabupaten, yaitu : Kabupaten Wonogiri, Sukoharjo, Klaten, Sleman, Gunung Kidul dan Boyolali (BPDAS Solo) dengan jumlah total luas sub DAS Dengkeng yaitu ± 822,153 km².

Tabel 2.8 Daftar Kabupaten dan Luas

No.	KABUPATEN	LUAS (km ²)
1.	WONOGIRI	3,569
2.	SUKOHARJO	144,205
3.	SLEMAN	7,548
4.	GUNUNG KIDUL	552,201
5.	KLATEN	70,651
6.	BOYOLALI	43,979
	JUMLAH	822,153

2.8.2 Keadaan Tanah

Sub DAS Dengkeng mempunyai jenis tanah, bentuk topografi dan tingkat kelerengan yang bervariasi. Berdasarkan jenis tanah wilayah Sub DAS Dengkeng memiliki 5 jenis tanah yaitu:

1. Regosol Kekelabuan dan Coklat Kekelabuan

Tanah Regosol Kekelabuan dan Coklat Kekelabuan merupakan hasil erupsi gunung berapi, bersifat subur, tekstur tanah ini biasanya kasar, berbutir kasar, peka terhadap erosi, berwarna keabuan, cenderung gembur, umumnya tekstur makin halus makin produktif, kemampuan menyerap air tinggi, dan mudah tererosi.

2. Litosol

Tanah Litosol terbentuk dari batuan beku dari proses letusan gunung berapi dan sedimen keras yang proses pelapukan yang belum sempurna. Tanah ini merupakan jenis tanah berbatu-batu dengan lapisan tanah yang tidak begitu tebal. Unsur hara yang terkandung dalam jenis tanah ini tidak begitu banyak, tidak cocok untuk digunakan sebagai media pertanian.

3. Mediteran.

Tanah jenis ini terbentuk dari pengendapan batuan induk kapur yang mengalami laterisasi lemah, berstruktur gumpal sampai gumpal bersudut, teksturnya bervariasi antara lempung sampai liat dan berwarna coklat sampai merah.

4. Grumosol Kelabu

Tanah Grumosol Kelabu adalah tanah yang terbentuk dari material halus berlempung. Jenis tanah ini berwarna kelabu hitam dan bersifat subur.

5. Regosol Kelabu Tua

Tanah berbutir kasar dan berasal dari material gunung api. Tanah jenis ini mempunyai tingkat kesuburan yang cukup baik.

2.8.3 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di Sub DAS Dengkeng terdiri dari hutan, perkebunan atau kebun, sawah irigasi, sawah tadah hujan, tegalan/ladang, pemukiman atau bangunan dan lain-lain. Tingginya erosi dan *run off* air hujan yang terjadi di Sub DAS Dengkeng sangat dipengaruhi oleh penggunaan lahan dan kondisi topografi di daerah tersebut. Di wilayah Sub DAS Dengkeng banyak terdapat pemukiman dalam kondisi wilayah tegalan dan juga pekarangan di areal pemukiman. Selain itu, banyak juga terdapat tegalan di wilayah perbukitan dengan kondisi pengolahan tanah yang kurang baik. Rata-rata areal tegalan di wilayah Sub DAS Dengkeng sudah dibangun teras bangku, namun masih dalam kondisi pemeliharaan yang kurang. Hal ini mendorong terjadinya erosi dan *run off* air hujan yang semakin besar.

2.8.4 Keadaan Iklim dan Curah Hujan

Iklim berperan penting dalam ekosistem lahan pertanian. Komponen-komponen iklim yang berperan penting tersebut antara lain adalah curah hujan sebagai penyedia utama kebutuhan air tanaman dan temperatur yang berpengaruh terhadap ketersediaan air dan pertumbuhan tanaman. Keadaan iklim Sub DAS Dengkeng memiliki iklim tropis dengan musim hujan dan kemarau silih berganti sepanjang tahun, temperatur udara rata-rata 28° - 30° Celsius dengan kecepatan angin rata-rata sekitar 153 mm setiap bulannya dengan curah hujan tertinggi bulan Januari (350mm) dan curah hujan terendah pada bulan Juli (8mm).

Data jumlah curah hujan (CH) rata-rata untuk suatu daerah tangkapan air (*catchment area*) atau daerah aliran sungai (DAS) merupakan informasi yang

sangat diperlukan. Dalam bidang pertanian data CH sangat berguna, misalnya untuk pengaturan air irigasi, mengetahui neraca air lahan, mengetahui besarnya aliran permukaan (*run off*).

Untuk dapat mewakili besarnya CH di suatu wilayah/daerah diperlukan penakar CH dalam jumlah yang cukup. Semakin banyak penakar dipasang di lapangan diharapkan dapat diketahui besarnya rata-rata CH yang menunjukkan besarnya CH yang terjadi di daerah tersebut. Disamping itu juga diketahui variasi CH di suatu titik pengamatan.

Menurut Asdak (2010) Ketelitian hasil pengukuran CH tergantung pada variabilitas spasial CH, maksudnya diperlukan semakin banyak lagi penakar CH bila kita mengukur CH di suatu daerah yang variasi curah hujannya besar. Ketelitian akan semakin meningkat dengan semakin banyak penakar yang dipasang, tetapi memerlukan biaya mahal dan juga memerlukan banyak waktu dan tenaga dalam pencatatannya di lapangan.

Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut:

- Menghitung curah hujan rata-rata tiap sub DAS dalam Asdak (2010):

$$R_{rt} = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) / n \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- R_{rt} : Curah hujan daerah (mm)
- R₁ .. R_n : Curah hujan harian maksimum di stasiun 1 s/d stasiun n
- n : Banyaknya stasiun dalam sub DAS

- Kemudian menghitung curah hujan rencana dengan distribusi Gumbel, dalam Asdak, 2010:

$$X_{Tr} = X + S_x (0,78 y - 0,45) \dots\dots\dots(2.8)$$

$$S_x = \sqrt { (\sum X_i - X) / (n - 1) } \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Y = - \text{Ln} \{ - \text{Ln} ((T - 1) / T) \} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana:

- X_{Tr} : Curah hujan dengan kala ulang Tr thn
- X : Curah hujan rata-rata
- S_x : Simpangan baku
- Y : Perubahan reduksi

- n : Jumlah data
- Xi : Data curah hujan
- T : Kala ulang dalam tahun

Dari pengolahan ini, akan diperoleh curah hujan dengan kala ulang (periode berkala) selama T_r tahun (2, 5, dan 10 tahun). Untuk Menghitung intensitas hujan maksimum Intensitas hujan didefinisikan sebagai tinggi curah hujan per satuan waktu. Untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi, digunakan rumus Mononobe (Kyotoka Mori, 1975) dalam Hardaningrum (2005) :

$$I = \{ (R_{24} / 24) \times (24 / T_c) \} \dots\dots\dots(2.11)$$

Adapun waktu konsentrasi (T_c) dihitung dengan menggunakan rumus Kirpich (VT Chow, 1988) dalam Hardaningrum, 2005 :

$$T_c = 0,945 \times (L^{1,156} / D^{0,385}) \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana:

- I : Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- R₂₄ : Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)
- T_c : Waktu konsentrasi
- L : Panjang sungai / alur utama (km)
- D : Beda tinggi sungai utama

2.9 Penelitian Terdahulu

Dani Aufa Aditya (2011) melakukan penelitian “Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS Bringin Terhadap Tingkat Kerawanan Banjir Di Kota Semarang” yang menggunakan parameter kelerengan, curah hujan, dan penggunaan lahan tahun 2003-2010. Dimana penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan penggunaan lahan di das bringin terhadap tingkat kerawanan banjir di kota Semarang tahun 2003-2010, dan mengetahui konsistensi rencana tata ruang dalam mengurangi tingkat kerawanan banjir di kota Semarang.

Dimana metode penelitian dilakukan dari pemotongan citra dan pengaturan band DAS Bringin yang kemudian dilakukan digitasi *on-screen* sehingga didapat tata guna lahan tahun 2003, 2007, dan 2010. Setelah itu

melakukan penghitungan luas tata guna lahan pertahunnya untuk DAS dan Sub-DAS. Kemudian menentukan koefisien air larian (*Run Off*) dan menghitung air larian (debit) puncak (m^3/dt) tata guna lahan pertahunnya serta RTRW tahun 2000-2010 dan 2011-2030. Yang kemudian dilakukan *overlay* hasil air larian dengan data kejadian banjir.

Jhonson Paruntungan Matondang (2013) dengan penelitian yang berjudul “Analisis Zonasi Daerah Rentan Banjir Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Studi Kasus: Kota Kendal dan Sekitarnya)”. Pada penelitian ini menggunakan peta kemiringan lereng, curah hujan, penggunaan lahan, jaringan drainase dan jenis tanah. Metode analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah dengan menggunakan metode pendekatan analisis tumpang susun atau *overlay* parameter-parameter rentan banjir dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

David Carlous Pintubatu (2013) dengan penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Kerawanan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Tenggang Kota Semarang”. Pada penelitian ini menggunakan Citra QUICKBIRD tahun 2006 dan citra IKONOS tahun 2011. Metode penelitiannya diawali dengan pemotongan citra dengan peta administrasi, melakukan digitasi sehingga di dapat peta penggunaan lahan tahun 2006 dan 2011, kemudian melakukan perhitungan curah hujan, koefisien air larian dan nilai air larian (debit).

Hasil penelitiannya berupa perubahan penggunaan lahan tahun 2006 sampai 2011 yaitu bertambah sekitar 2,168% untuk pemukiman dan jasa. untuk kawasan hutan dan perkebunan berkurang sekitar 10,245%. Dan peningkatan jumlah penduduk sekitar 5% tiap kelurahan. Pada tahun 2006 nilai air larian sebesar $335,21m^3/dt$ dan meningkat 54,64% selama 5 tahun menjadi $563,69 m^3/dt$.

Fajar Dwi Hastono, (2012) Identifikasi Daerah Resapan Air Dengan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Sub DAS Keduang). Pada penelitian ini akan di *overlay* beberapa peta, yakni peta curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penggunaan lahan. Metode analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah dengan menggunakan metode pendekatan analisis

tumpang-susun/*overlay* parameter-parameter resapan air dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Hasilnya temuannya Kondisi daerah resapan air di Sub DAS Keduang secara umum termasuk dalam kondisi mulai kritis, dengan sebaran klasifikasi yaitu kondisi sangat kritis yaitu seluas 2.330,19 ha (5,86%), kriteria resapan kritis seluas 5.187,24 ha (13,05%), kriteria resapan agak kritis seluas 11.407,50 ha (28,71%), kriteria resapan mulai kritis seluas 13.504,04 ha (33,99 %) dan kriteria resapan normal seluas 5.816,70 ha (14,64 %), kriteria resapan baik seluas 1.489,77 ha (3,75 %). dari total luas area penelitian 39.736,44 ha. Potensi kawasan resapan air di daerah Sub DAS Keduang dengan kondisi resapan yang baik memiliki luas area 1.489,77 ha (3,75%) dan kondisi resapan normal alami memiliki luas 5.816,7 ha (14,64%). Daerah yang mempunyai potensi terluas untuk resapan air yang baik tersebar di Kecamatan Jatiyoso seluas 313,2 ha, namun potensi terluas untuk resapan air normal alami tersebar di Kecamatan Jatiroto seluas 1645,45 ha.

Arnita Ikke Sari, (2013) Penentuan Area Luapan Kali Babon Akibat Kenaikan Debit Air Berbasis Sistem Informasi Geografis. Pada penelitian ini menggunakan Peta Kontur Kota Semarang, Peta Morfologi Sungai, Data Pasang Surut, Data Hidrograf Banjir dan Peta Kejadian Banjir Kota Semarang. Pengolahan dilakukan dengan melakukan pemodelan banjir pada ArcGIS dan Hec RAS dari *overlay* antara peta kontur Kota Semarang dan Peta Morfologi Sungai.

Hasil pengolahan data menggunakan *software* ArcGIS dan Hec RAS, didapatkan hasil sebaran area banjir terluas terjadi pada Desa Sriwulan, Kec. Sayung, Kab. Demak. Pada debit banjir rencana 5 tahun dengan kedalaman berkisar 0,002-4,581 m dengan luas 247,965 ha. Pada debit banjir rencana 10 tahun dengan kedalaman berkisar 0,002-10,106 m dengan luas 482,180 ha. Pada debit banjir rencana 25 tahun dengan kedalaman berkisar 0,0006-12,696 m dengan luas 482,180 ha. Kedalaman tersebut dihitung terhadap dasar sungai.

Dhinar Larasati, (2011) Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Terhadap Peningkatan Debit Maksimum Di Sungai Bodri Kabupaten Kendal. Pada penelitian ini menggunakan Data Curah hujan, Data

riwayat kejadian banjir, Peta RBI, Peta Wilayah DAS Bodri dan citra Landsat TM tahun 1994, 2001 dan 2009 untuk mendapatkan peta tutupan lahan dan pengolahan citra Landsat menggunakan *software* ErMapper untuk klasifikasi dan melakukan *Digitasi On Screen*.

Hasil dari penelitian ini pada interval 1994-2001 peningkatan luas lahan terbesar terjadi pada kelas lahan perkebunan yaitu sebesar 12.298,742 ha dan lahan hutan mengalami penurunan luasan paling besar yaitu sebesar 14.433,844 ha. Sedangkan perubahan non lahan terbangun menjadi lahan terbangun adalah sebesar 915,218 ha. Pada interval 2001-2009 terjadi peningkatan luas terbesar pada kelas lahan perkebunan sebesar 2.411,348 ha dan kelas tutupan lahan yang mengalami penurunan luasan paling besar adalah lahan kebun campuran yaitu sebesar 2.544,966 ha. Peningkatan luas lahan pemukiman pada interval 2001-2009 adalah 695,736 ha.

2.10 Skala

Skala merupakan perbandingan jarak tertentu pada peta dengan jarak di lapangan. Umumnya penempatan skala peta diletakan tepat di bawah judul peta dengan ukuran lebih kecil. Pembagian peta berdasarkan skalanya masih belum ada kesepakatan antara ahli dan secara umum peta berdasarkan skalanya, peta tersebut dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian yaitu :

1. Skala besar : Peta dikatakan skala besar jika bilangan skalanya kurang dari atau sama dengan 10000 atau skala $\geq 1:10000$
2. Skala sedang : Peta dikatakan skala sedang jika bilangan skalanya lebih dari 10000 sampai dengan kurang dari atau sama dengan 100000 atau skalanya antara 1 : 10000 hingga 1:100000
3. Skala Kecil : Peta dikatakan skala kecil jika bilangan skalanya lebih besar dari 100000 atau skalanya lebih besar dari 1 : 1000000

Banyak cara untuk menyatakan skala peta diantaranya (Wongsotjiro,1980):

1. Membandingkan suatu jarak antara dua titik di atas peta dengan jarak sebenarnya di atas permukaan bumi antara dua titik itu.

2. Memberitahukan berapa centimeter di atas peta yang sama dengan satu kilometer di atas permukaan bumi.
3. Menarik suatu garis, dimana di atas garis dibuat suatu skala dengan bagian-bagian yang menyatakan satu kilometer di atas permukaan bumi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan suatu skala peta :

- a) Tujuan pembuatan peta
- b) Luas daerah yang akan dipetakan
- c) Kepadatan unsur-unsur/detail
- d) Bentuk topografi
- e) Karakteristik daerah