

BAB II

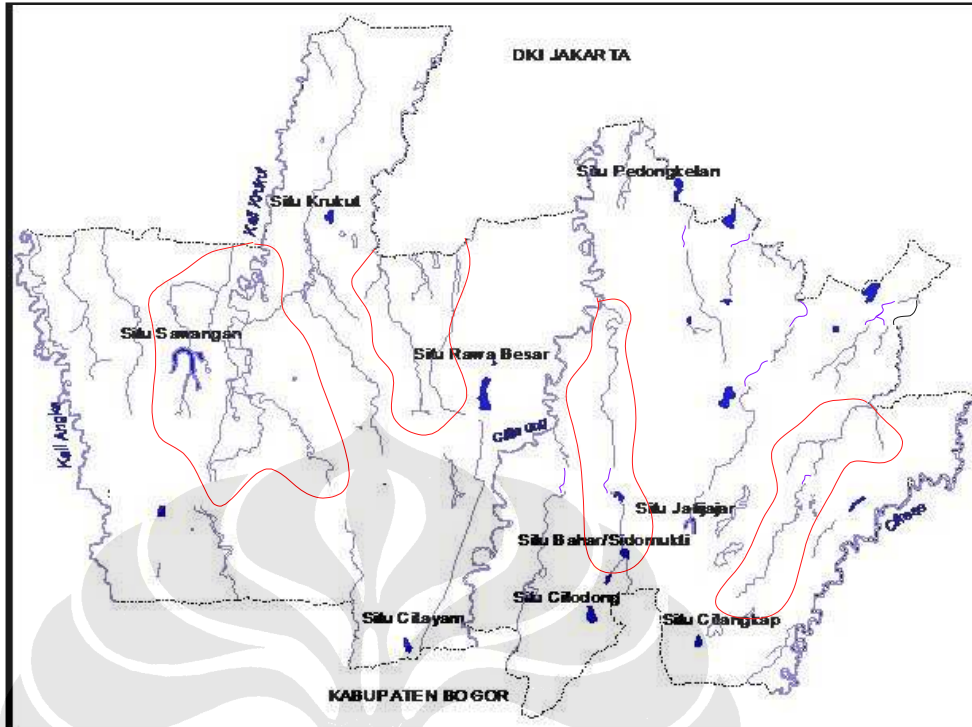
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DAERAH ALIRAN SUNGAI

DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung, yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam [3].

DAS menurut pasal 1 Undang-undang No.7 Tahun 2004 tentang sumber daya air 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, dan batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

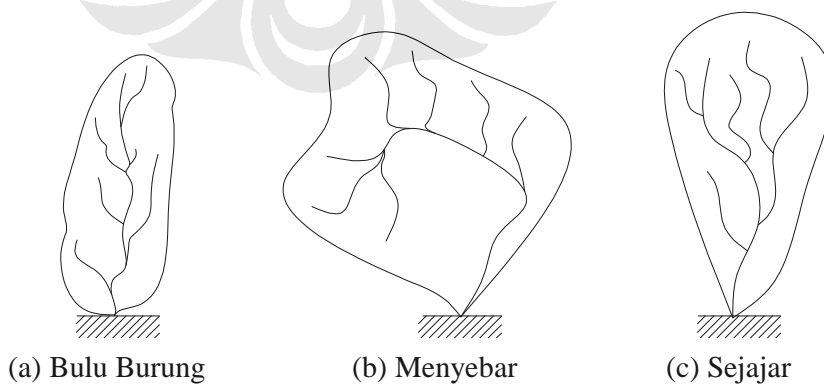
Sungai merupakan salah satu komponen utama ekosistem DAS. Sungai dapat diartikan suatu jaringan waduk dan penyalur air yang berada pada satu alur tertentu yang dibatasi oleh tebing. Secara fisiologis sungai adalah badan air yang menerima limpasan hidrologi dalam daerah alirannya. Selain berfungsi mengumpulkan curah hujan dalam suatu daerah pengaliran, sungai juga digunakan untuk berbagai aspek seperti pembangkit tenaga listrik, pelayaran, pariwisata, perikanan, dan lain-lain [4].



Sumber : *Persentasi Local Environmental Strategies Kota Depok*

Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai

Umumnya DAS yang semakin luas mencerminkan sungai yang semakin besar. DAS dapat dibagi menjadi beberapa sub-DAS. Berdasarkan karakteristik dan bentuknya, DAS dapat berbentuk seperti bulu burung, daerah pengaliran yang menyebar, dan daerah pengaliran sejajar. Bentuk-bentuk tersebut dapat digambarkan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Bentuk-bentuk DAS

DAS dapat dibagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. Secara biogeofisik, daerah hulu dicirikan sebagai daerah konservasi dengan kemiringan besar, memiliki vegetasi berupa hutan, merupakan sumber erosi karena alur sungai melalui daerah pegunungan dan mempunyai kecepatan aliran yang lebih besar dari pada bagian hilir. Daerah hilir memiliki ciri-ciri kemiringan lereng yang relatif datar sehingga menjadi daerah pemanfaatan, jenis vegetasi didominasi oleh tanaman pertanian. Sementara daerah bagian tengah merupakan peralihan antara bagian hulu dan hilir, kemiringan sungai lebih landai sehingga kecepatan aliran relatif kecil.

2.1.1 Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi atau program yang bersifat alokasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya air. Termasuk dalam pengelolaan DAS adalah identifikasi keterkaitan antara tata guna lahan, tanah dan air, dan keterkaitan antara daerah hulu dan hilir suatu DAS [5].

Menurut undang-undang sumber daya air, pengelolaan sumber daya air secara menyeluruh mencakup semua bidang pengelolaan yang meliputi konservasi pendayagunaan, dan pengendalian daya rusak air, serta meliputi satu sistem wilayah pengelolaan secara utuh yang mencakup semua proses perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi. Sedangkan pengelolaan sumber daya air secara terpadu merupakan pengelolaan yang dilaksanakan dengan melibatkan semua pemilik kepentingan antar sektor dan antar wilayah administrasi (UU no.7 Tahun 2004 pasal 3)

Selain sebagai masukan untuk penyusunan rencana tata ruang wilayah, rencana pengelolaan sumber daya air wilayah sungai juga digunakan sebagai masukan untuk meninjau kembali rencana tata ruang wilayah dalam hal terjadi perubahan-perubahan, baik pada rencana pengelolaan sumber daya air maupun pada rencana tata ruang pada periode waktu tertentu. Perubahan yang dimaksud

merupakan tuntutan perkembangan kondisi dan situasi. Dengan demikian, antara rencana pengelolaan sumber daya air dan rencana tata ruang wilayah terdapat hubungan yang bersifat dinamis dan terbuka untuk saling menyesuaikan (UU no.7 Tahun 2004 pasal 59)

Sedangkan pengelolaan DAS secara terpadu merupakan suatu proses penyusunan dan penerapan suatu tindakan yang melibatkan sumberdaya alam dan manusia di dalam DAS, dengan mempertimbangkan faktor-faktor sosial, politik, ekonomi, lingkungan dan institusi (kelembagaan) dalam DAS, untuk mencapai seluas mungkin mengembangkan lingkup dari tujuan masyarakat jangka pendek dan panjang (Boehmer et.al, 1997).

Dari batasan-batasan tersebut, kata-kata penting yang menandai pengertian pengelolaan DAS terpadu adalah :

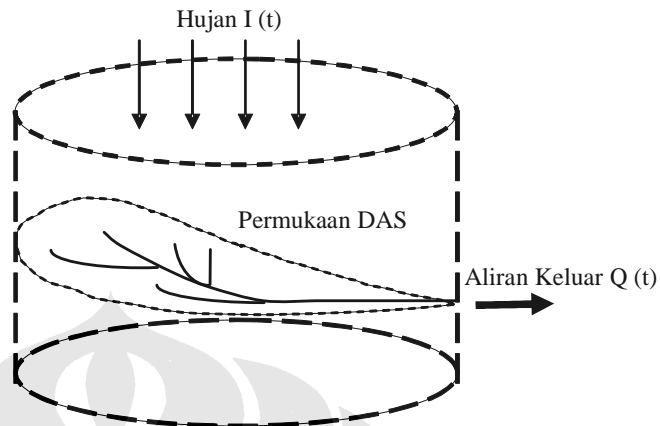
1. Pengelolaan sumber daya alam
2. Pemenuhan kebutuhan manusia sekarang dan yang akan datang
3. Kelestarian dan keserasian ekosistem
4. Pengendalian hubungan timbal balik antara sumber daya alam dan manusia
5. Penyediaan air, pengendalian erosi dan sedimentasi

2.1.2 Sistem Hidrologi Dalam DAS

Dalam hubungannya dengan sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tata guna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Di antara faktor-faktor yang berperan dalam menentukan sistem hidrologi diatas, faktor tata guna lahan, kemiringan dan panjang lereng yang dapat direkayasa oleh manusia (faktor lain bersifat alamiah). Dengan demikian, dalam merencanakan pengelolaan DAS, perubahan tata guna lahan serta pengaturan kemiringan menjadi salah satu fokus aktivitas perencanaan pengelolaan DAS [6].

Karena DAS merupakan suatu ekosistem, maka setiap ada masukan ke dalam ekosistem tersebut dapat dievaluasi dengan cara melihat keluaran dari ekosistem tersebut. Gambar 2.3 menunjukkan proses yang berlangsung dalam suatu ekosistem DAS. Gambar tersebut menunjukkan hujan sebagai *input* yang

terdistribusi dalam ruang diatas permukaan DAS. Aliran yang keluar sebagai *output* berupa debit aliran, yang terkonsentrasi dalam ruang di outlet DAS.



Sumber : *Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1988*

Gambar 2.3 DAS sebagai Sistem Hidrologis

2.1.3 Tata Guna Lahan

Lahan adalah bentang tanah dan dapat juga merupakan suatu bagian dari daerah aliran sungai yang terdapat diatas permukaan bumi yang sesuai bentuknya dengan kondisi topografi daerah tersebut. Lahan dapat bermanfaat secara alami maupun diolah terlebih dahulu sesuai dengan keperluannya.

Lahan dapat dibedakan menjadi :

1. Lahan asli
2. Lahan terbuka

Lahan asli merupakan daerah hutan yang masih ditumbuhi oleh tumbuh-tumbuhan yang belum dijamah oleh manusia. Lahan ini banyak manfaatnya bagi kehidupan dan lingkungan sekitar, terutama kemampuan untuk menahan air permukaan (sehingga limpasan permukaan kecil).

Lahan terbuka merupakan lahan asli yang sudah diolah sesuai dengan kebutuhan atau terjadi akibat pengaruh dari perubahan penggunaan lahan sekitarnya. Kemampuan alami yang dimiliki lahan tersebut sudah berkurang sehingga dapat menimbulkan pengaruh yang cukup besar terhadap kemampuan menahan air permukaan, sehingga berpengaruh terhadap debit aliran di dalam sungai.

Tata guna lahan (*land use*) adalah suatu kegiatan penggunaan lahan baik secara alami maupun yang dibuat oleh manusia yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhannya atas suatu bentang alam yang kompleks. Penggunaan lahan merupakan proses yang dinamis, mengalami perubahan secara terus-menerus, sebagai hasil dari perubahan pola dan besarnya aktivitas manusia.

Dalam undang-undang Penataan Ruang No. 24 Tahun 1992 yang dimaksud dengan wujud struktural pemanfaatan ruang adalah susunan unsur-unsur pembentuk rona lingkungan alam, lingkungan sosial, dan lingkungan buatan yang secara hirarki dan struktural berhubungan satu dengan lainnya membentuk tata ruang.

Pola pemanfaatan ruang dalam pasal 1 UU no. 24 adalah bentuk pemanfaatan ruang yang menggambarkan ukuran fungsi, serta karakter kegiatan manusia dan atau kegiatan alam. Wujud pola pemanfaatan ruang diantaranya pola lokasi, sebaran pemukiman, tempat kerja, industri, dan pertanian, serta pola penggunaan tanah pedesaan dan perkotaan.

Tata guna tanah, tata guna air, dan tata guna udara merupakan bagian yang tak terpisahkan dari perencanaan struktur dan pola pemanfaatan ruang, supaya berkelanjutan pemanfaatan tanah, air, udara, dan sumber daya lainnya untuk kegiatan pembangunan dan peningkatan kualitas tata ruang dapat terus berlangsung.

Dari wujud pola pemanfaatan ruang tersebut, lahan dapat dibedakan berdasarkan penggunaannya, antara lain :

1. Lahan pemukiman
2. Lahan Industri
3. Lahan pertanian
4. Lahan berumput / padang rumput
5. Lahan keperluan kehutanan
6. Lahan transportasi

Peta tata guna lahan menunjukkan pola serta intensitas penggunaan lahan. Perbedaan intensitas tata guna lahan mempengaruhi volume air hujan yang mengalir dipermukaan dan yang kemudian masuk kedalam badan sungai.

Sedangkan persentase air hujan yang akan dialirkan tergantung dari tingkat kedepan penutup permukaan terhadap air.

Tata guna lahan pada suatu DAS merupakan tempat jatuhnya hujan dan sebagai daerah pengaliran menuju sungai. Sebagai fungsi tata guna lahan yang berhubungan dengan pengendalian sungai antara lain :

1. Menentukan besar / kecilnya debit limpasan permukaan

Dalam menentukan debit limpasan, jenis tata guna lahan berpengaruh kepada besarnya limpasan akibat curah hujan yang terjadi. Perbedaan jenis tata guna lahan ini mengakibatkan perbedaan debit air yang melalui lahan tersebut.

2. Menentukan pola aliran

Dalam menentukan pola aliran sungai, sebagian air hujan yang meresap kedalam tanah akan menjadi mata air pada musim kemarau. Hal ini menyebabkan aliran pada sungai akan cenderung konstan sepanjang tahun pada daerah dengan tata guna lahan yang banyak menyerap air hujan, dibandingkan dengan tata guna lahan yang besar melimpaskan air hujan.

Terwujudnya pola penggunaan lahan pada tempat tertentu dan dalam kurun waktu tertentu tergantung dari berbagai faktor penyebab yang berkaitan dengan karakteristik manusia yang tercermin dalam jumlah populasi dengan bentuk dan tingkat sosial-ekonominya. Faktor-faktor tersebut juga berkaitan dengan kondisi tanah itu sendiri yang juga dipengaruhi oleh komponen-komponen lingkungan fisik lainnya.

2.2 LIMPASAN

Runoff atau limpasan merupakan sisa air yang keluar dari hujan yang jatuh ke permukaan dan tidak terserap kedalam tanah. Sebagian curah hujan yang mencapai permukaan tanah akan diserap ke dalam tanah, dan sebagian lagi yang tidak terserap akan menjadi limpasan permukaan. Jumlah yang disimpan di dalam tanah tergantung dari kondisi kandungan air tanah pada saat presipitasi. Limpasan terjadi saat air yang sampai ke permukaan tanah melebihi tingkat infiltrasi atau kemampuan tanah menyerap air. Ketika tingkat infiltrasi dilampaui, maka air mulai menggenang pada permukaan tanah. Namun setelah tahanan permukaan

terlampau, air mulai mengalir diatas permukaan tanah dan mengumpul di saluran-saluran alam. Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan [7] :

a. Intensitas curah hujan

Karakteristik hujan memegang peranan penting dalam limpasan yang akan terjadi. Hujan kecil mungkin akan semuanya terintersepsi oleh tumbuhan, atau disimpan dalam tanah. Hujan deras dengan durasi singkat dapat menyebabkan limpasan yang besar karena tingkat hujan jauh melampaui kemampuan kapasitas infiltrasi.

b. Karakteristik daerah pengaliran

Karakteristik daerah dimana hujan turun juga berperan penting dalam menentukan kuantitas limpasan yang akan terjadi. Ukuran dan bentuk daerah pengaliran, juga memegang peranan. Daerah pengaliran yang panjang dan sempit biasanya memiliki tingkat limpasan yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah pengaliran yang luas.

c. Kondisi topografi daerah pengaliran

Elevasi daerah pengaliran mempunyai hubungan yang penting terhadap curah hujan. Demikian juga gradiennya mempunyai hubungan dengan infiltrasi, limpasan permukaan, kelembaban, dan pengisian air tanah. Gradien daerah pengaliran adalah salah satu faktor yang mempengaruhi waktu mengalirnya aliran permukaan (waktu konsentrasi).

d. Kondisi penggunaan tanah (*landuse*)

Hidrograf sebuah sungai dipengaruhi oleh kondisi penggunaan tanah dalam daerah pengaliran itu. Daerah hutan yang ditutupi tumbuh-tumbuhan yang lebat menjadi sulit air menyebabkan limpasan permukaan karena kapasitas infiltrasinya sangat besar. Apabila daerah tersebut dijadikan pemukiman maka kapasitas infiltrasi daerah tersebut akan turun karena pemampatan permukaan tanah.

2.2.1 Koefisien Limpasan [8]

Koefisien limpasan adalah suatu angka yang memberikan pengertian berapa persen air yang mengalir dari bermacam-macam permukaan akibat terjadinya hujan pada suatu wilayah, atau perbandingan antara jumlah limpasan yang terjadi dengan jumlah curah hujan yang ada. Angka ini dikenal dengan koefisien limpasan C. Adapun nilai koefisien aliran untuk berbagai permukaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Hubungan Kondisi Permukaan Tanah dan Koefisien Pengaliran

No	Tipe Daerah Aliran	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Perumputan	
	Tanah berpasir, datar (2 %)	0,05 – 0,10
	Tanah berpasir, rata-rata (2 - 7%)	0,10 – 0,15
	Tanah berpasir, curam (7%)	0,15 – 0,20
2.	Bisnis	
	Daerah kota	0,75 - 0,95
	Daerah pinggiran	0,50 - 0,70
3.	Perumahan	
	Daerah keluarga-tunggal	0,30 – 0,50
	Multi satuan, terpisah-pisah	0,40 – 0,60
	Multi satuan, berdempetan (rapat)	0,60 – 0,75
	“Suburban”	0,25 – 0,40
	Daerah rumah apartemen	0,50 – 0,70
4.	Perindustrian	
	Daerah ringan	0,50 – 0,80
	Daerah berat	0,60 – 0,90
5.	Pertamanan	0,10 – 0,25
6.	Lapangan Bermain	0,20 – 0,35
7.	Halaman kereta api	0,20 – 0,40
8.	Jalan-jalan	
	Beraspal	0,70 – 0,95
	Beton	0,80 – 0,95
	Con block	0,70 – 0,85

Sumber : *Banjir Rencana untuk Bangunan Air, Departemen Pekerjaan Umum, 1992*

Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi air limpasan. Hal ini kurang menguntungkan dari segi konservasi sumberdaya air karena besarnya air yang menjadi air tanah akan berkurang. Kerugian lainnya adalah dengan semakin besarnya jumlah air hujan yang menjadi air limpasan, maka ancaman terjadinya erosi dan banjir menjadi lebih besar.

Nilai koefisien ini tergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhinya seperti karakteristik dari daerah tangkapan hujan, yang termasuk didalamnya :

1. Tata guna lahan tersebut
2. Relief atau kelandaian daerah tangkapan
3. Karakteristik daerah, seperti perlindungan vegetasi, jenis penutup permukaan, jenis tanah dan daerah kedap air

2.2.2 Jenis Penutup Permukaan

Jenis penutup permukaan lahan juga merupakan faktor yang mempengaruhi besarnya koefisien aliran. Jenis penutup ini dapat berupa bahan yang tembus air ataupun kedap air. Jenis penutup permukaan dapat dibedakan berdasarkan dari tata guna lahan itu sendiri. Pada daerah perkotaan sebagian besar daerah ini ditutupi oleh bahan yang cukup kedap oleh air, berupa lapisan aspal, beton dan bangunan sehingga angka koefisien alirannya akan menjadi besar akibat tidak adanya lagi kemampuan air untuk menyerap kedalam tanah [9].

Jenis penutup permukaan dapat dibedakan berdasarkan tata guna lahan sebagai berikut :

1. Daerah perhutanan berupa tumbuhan tanaman keras
2. Daerah pertanian berupa tanaman muda
3. Daerah perkotaan, industri dan perumahan yang sebagian besar berupa material kedap air seperti beton, aspal, dll.

2.3 METODE PERHITUNGAN

Dalam melakukan perhitungan debit limpasan, digunakan dua metode perhitungan yaitu dengan dengan metode rasional dan simulasi program TR-20.

2.3.1 Metode Rasional

Cara rasional merupakan salah satu cara tertua dalam memperkirakan limpasan (debit) dari curah hujan. Pertama kali dikembangkan oleh Lloyd-Davis 1906. Sifat kesederhanaan rumusnya mengandung arti penyederhanaan berbagai proses alami, menjadi proses sederhana sehingga mempunyai kendala dan keterbatasan dalam pemakaiannya. Cara tersebut didasarkan atas rumus :

$$Q = 0,278 C i.A \dots\dots\dots(2.1)$$

- Dimana : Q = Debit banjir yang terjadi (m³/jam)
i = Intensitas hujan (mm/jam)
A = Luas daerah pengaliran (m²)
C = Koefisien Pengaliran

Sumber : Hidrologi Teknik, C.D. Soemarto, 1999

Data curah hujan pada titik pengamatan dapat berupa data curah hujan harian, bulanan, atau tahunan. Dari data curah hujan ini dapat dihitung intensitas hujan dengan menggunakan analisa frekuensi. Analisa frekuensi adalah analisa yang digunakan untuk menentukan atau memperkirakan kejadian curah hujan berdasarkan masa ulang peristiwa yang dapat diharapkan menyamai atau lebih besar dari pada rata-rata curah hujan. Analisa frekuensi yang digunakan berdasarkan metode Gumbel, dengan cara analitis. Data yang diperlukan untuk menunjang teori analisa frekuensi ini adalah minimal 10 tahun besaran hujan.

$$X_T = \bar{X} + \frac{\sigma_x}{\sigma_N} (Y_T - Y_N) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

X_T = curah hujan harian maksimum sesuai dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata dari hasil pengamatan $\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$

Y_T = *reduced variated*, yang besarnya tergantung pada periode ulang (T)

Y_N = *reduced mean* yang besarnya tergantung pada jumlah tahun pengamatan

$$\sigma_x = \text{Standard deviation dari data pengamatan } \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

σ_N = reduced standard deviation, tergantung dari jumlah tahun pengamatan

Sumber : Banjir Rencana untuk Bangunan Air, Ir. Joerson Loebis, 1992

Setelah persamaan X_T diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung intensitas. Intensitas curah hujan merupakan ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisa ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Intensitas curah hujan umumnya dihubungkan dengan kejadian dan lamanya hujan turun, yang disebut *Intensitas Duration Frequency* (IDF). Untuk mengetahui besar intensitas yang terjadi maka curah hujan rencana yang telah diperoleh sebelumnya diubah menjadi lengkung IDF. Lengkung (kurva) IDF digunakan untuk menentukan intensitas curah hujan pada periode tertentu (10, 25 dan 50 tahunan). Seandainya data curah hujan yang ada hanya curah hujan harian, maka Dr. Mononobe merumuskan Intensitas Curah Hujan sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.3)$$

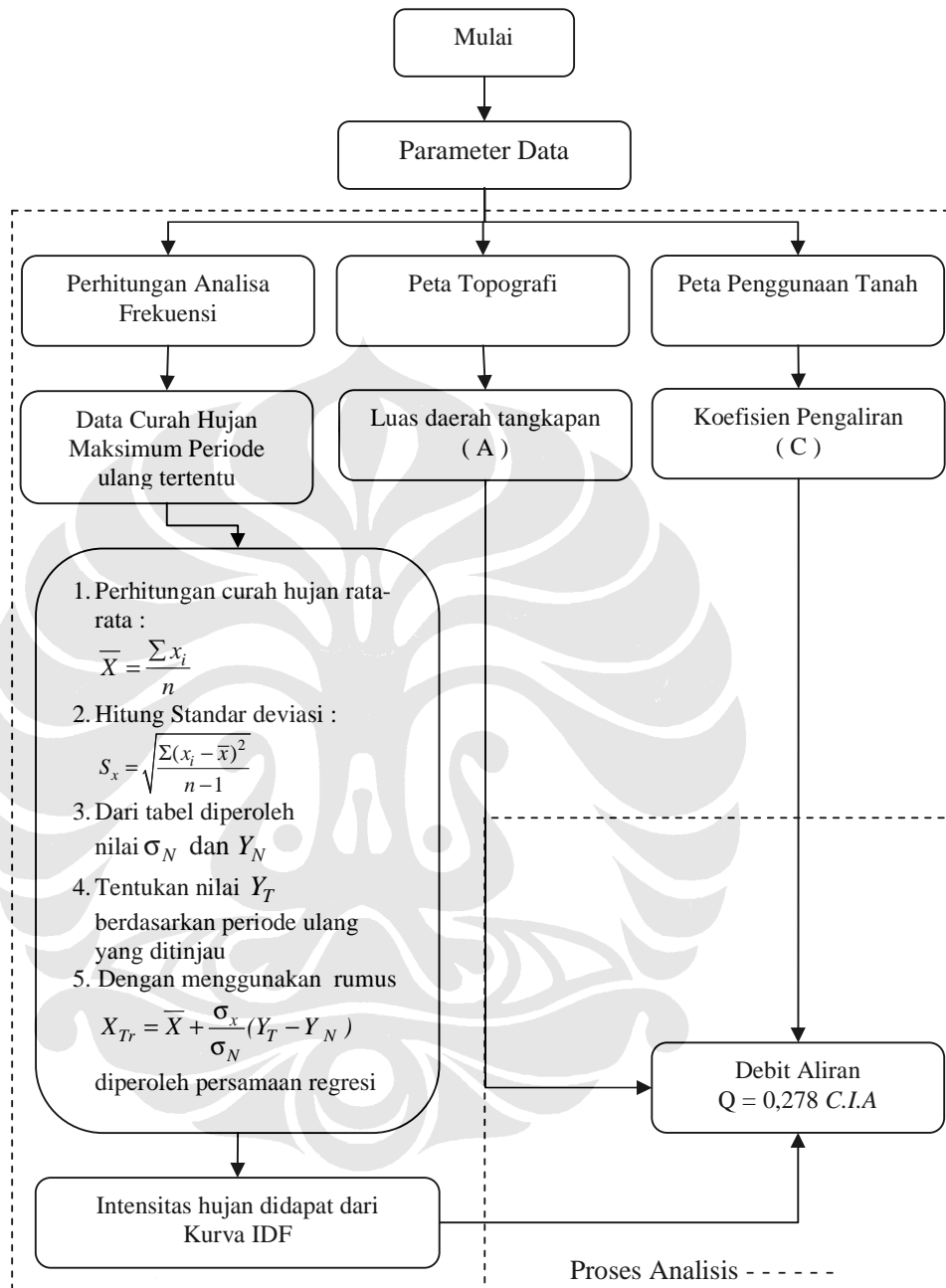
Dimana : I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

t = Durasi (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Sumber : Banjir Rencana untuk Bangunan Air, Ir. Joerson Loebis, 1992

Gambar berikut merupakan diagram alir perhitungan debit limpasan dengan menggunakan metode rasional. Diagram ini dimulai dari parameter data yang diperlukan dalam perhitungan, kemudian proses analisa data curah hujan hingga mendapatkan kurva IDF dan yang terakhir proses perhitungan debit.:



Gambar 2.4 Diagram Alir Perhitungan Rasional

Beberapa asumsi dasar dalam menggunakan formula rasional adalah sebagai berikut (Wanielista, 1990) :

- a. Luas DAS atau daerah tangkapan dianggap rata di seluruh daerah tidak berubah selama durasi hujan.
- b. Curah hujan terjadi dengan intensitas yang tetap dalam satu jangka waktu tertentu, setidaknya sama dengan waktu konsentrasi.
- c. Limpasan langsung mencapai maksimum ketika durasi hujan dengan intensitas yang tetap, sama dengan waktu konsentrasinya.
- d. Koefisien *run off* dianggap tetap selama durasi hujan.

2.3.2 Metode Simulasi Program TR-20

Program TR-20 merupakan model komputer dalam bidang keairan yang menggunakan metode *Soil Conservation Service* (SCS) Pada mulanya metode SCS ini dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA, 1986) digunakan untuk menghitung jumlah *direct runoff* dari suatu kejadian hujan. Kemudian *The Maryland State Highway Administration* (MDSHA) menggunakan metode ini sebagai perangkat lunak (*software*) untuk menganalisa suatu daerah aliran sungai (DAS). Dalam metode SCS, hubungan (kombinasi) antara tata guna lahan dengan karakteristik tanah (*hydrologic soil types*) menghasilkan koefisien limpasan yang disebut *curve number* (CN). Nilai CN menunjukkan potensi limpasan untuk hujan tertentu [10]. Persamaan yang berlaku dalam metode SCS adalah sebagai berikut :

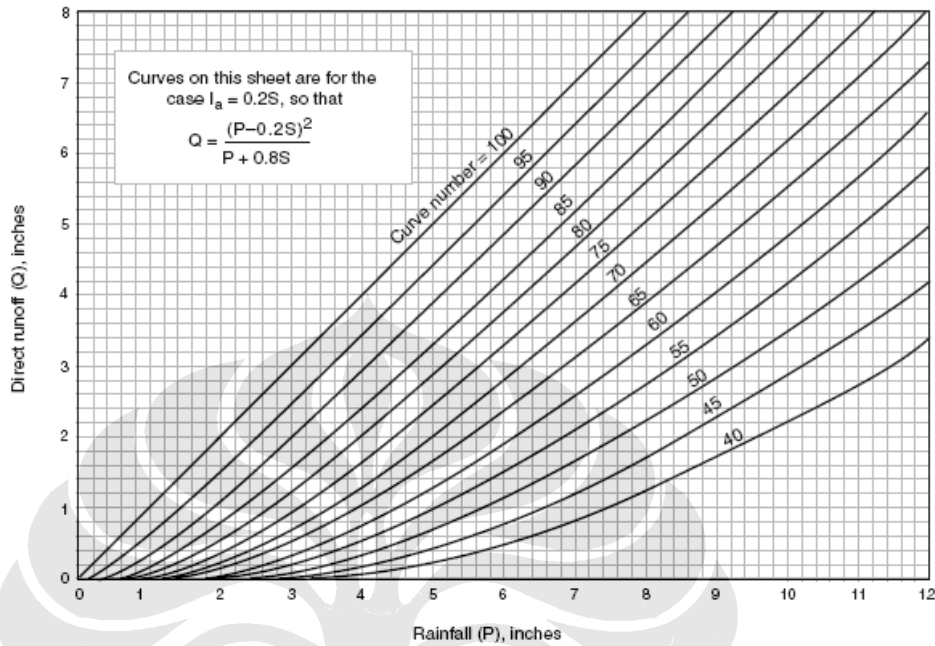
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : Q = Limpasan (inch)
P = Curah Hujan (inch)
S = Retensi Maksimum (inch)

$$S = \frac{1000}{(10 + CN)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Sumber : *Urban Hydrology for Small Watersheds, User Manual of TR-55, 1986*

Nilai S berkaitan dengan kondisi tanah dan penutup lahan yang ditunjukkan melalui *curve number* (CN) pada gambar grafik berikut :



Sumber : *Urban Hydrology for Small Watersheds, User Manual of TR-55, 1986*

Gambar 2.5 Grafik Hubungan antara CN dengan Curah Hujan

Beberapa batasan menurut TR-55 yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Kondisi hidrologis DAS atau daerah tangkapan dianggap homogen dan terdistribusi secara merata di seluruh daerah.
- Sistem sungai hanya memiliki satu alur utama saja, jika terdapat anak sungai maka waktu konsentrasi anak sungai harus sama dengan induknya.
- Metode ini tidak dapat dipakai jika ada penelusuran waduk.
- Nilai CN < 30 dianggap tidak masuk ke dalam analisa karena eksese hujan adalah tidak ada atau semua habis terserap ke dalam tanah.
- Maksimum data lama hujan yang digunakan adalah 10 jam.

2.3.2.1 Input TR-20

Pada program TR-20 ini ada beberapa perintah yang digunakan untuk mengetahui output yang dihasilkan yaitu perintah *runoff*, *reach*, *struk* dan *addhyd*. Dalam tiap perintah ini diperlukan input yang berbeda, untuk perintah *runoff* diperlukan data x *section* saluran, panjang saluran, luas sub DAS, nilai CN wilayah dan nilai waktu konsentrasinya. Untuk perintah *reach* digunakan untuk mengetahui perubahan hidrograf ketika air mengalir melalui saluran dengan panjang tertentu. Sedangkan perintah *addhyd* digunakan untuk menambahkan 2 hidrograf yang bertemu. Prosedur perhitungan TR-20 adalah sebagai berikut :

a. Pengolahan data mentah

Sebelum mendapatkan data yang akan dimasukkan kedalam perhitungan program, kita perlu mengolah data hujan (*rainfall*) terlebih dahulu. Data curah hujan yang akan diinput kedalam TR-20 adalah data hujan yang diolah dengan menggunakan metode Gumbel dengan rumus :

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_{Tr} S_x \dots\dots\dots(2.6)$$

- Dimana :
- X_{Tr} = besarnya curah hujan periode tahun berulang Tr
 - Tr = periode tahun ulang
 - \bar{X} = curah hujan maksimum rata-rata
 - S_x = standar deviasi
 - K = faktor frekuensi = $\frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$

Sumber : *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*, Ir. Joerson Loebis, 1992

S_n dan Y_n merupakan fungsi dari besarnya sampel/data (lihat lampiran 3). Dari data ini diperoleh intensitas hujan harian maksimum komulatif yang akan digunakan dalam TR-20.

- b. Menghitung luas daerah aliran sungai yang akan ditinjau
- c. Selanjutnya dengan bantuan program excel, dilakukan perhitungan debit (Q), luas dimensi, dan elevasi yang digunakan untuk input data perhitungan program TR-20.

- d. Data lain yang diperlukan sebagai parameter input program TR-20 adalah nilai *curve number* (CN) wilayah. Penentuan nilai CN dihitung berdasarkan pada jenis pemanfaatan lahan yang ada pada wilayah yang ditinjau.
- e. Menghitung waktu konsentrasi berdasarkan metode *Kirpich* dengan rumus :

$$t_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : t_c = waktu konsentrasi (menit)

L = panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran, menurut jalanya sungai (meter)

S = kemiringan saluran

Setelah semua data siap, kemudian data dimasukan kedalam program TR-20. Tampilan dari program ini adalah dalam bentuk *notepad*. Berikut merupakan contoh tampilan perhitungan debit limpasan periode ulang 10 tahunan dari dengan menggunakan program TR-20 :

```

File Edit Format View Help
JOB TR-20 sgtm 1 FULLPRINT SUMMARY GRAPHICS
TITLE ORIGINAL SITUATION
5 RAINFL 1 0.50
8 0.00 1.21 2.43 3.34 4.25
8 4.86 5.47 5.77 6.08 6.08
9 ENDTBL
2 XSECTN 001 1.
8 112.17 0.0 0.0
8 112.67 12.67 8.34
8 113.17 39.62 16.95
8 113.67 76.90 25.84
8 114.17 122.86 35.00
8 114.67 176.55 44.44
8 115.17 237.35 54.15
8 115.67 304.81 64.14
8 116.17 378.64 74.40
8 116.67 458.61 84.94
8 117.17 544.56 95.75
8 117.67 636.37 106.84
8 118.17 733.96 118.20
8 118.67 837.27 129.84
8 119.17 946.27 141.75
8 119.67 1060.93 153.94
9 ENDTBL
6 RUNOFF 1 001 1 4.53 68. 2.02 1 1 1
ENDATA
7 INCREM 6 0.1
7 COMPUT 7 001 001 0.00 1. 1. 1 2
ENDCMP 1
ENDJOB 2

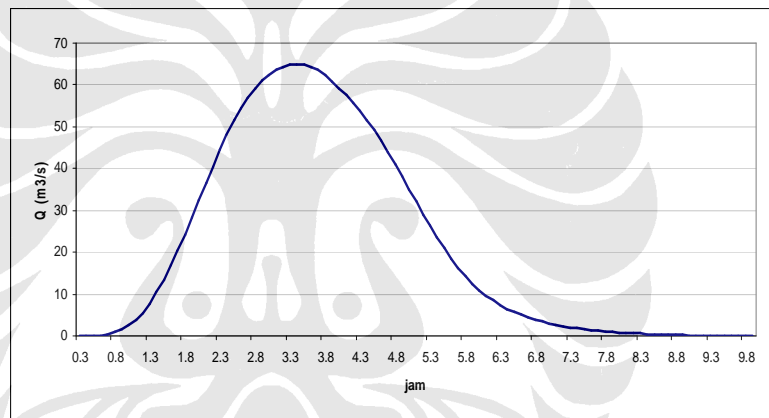
```

Gambar 2.6 Input TR-20

2.3.2.2 Output TR20

Output/hasil dari program TR-20 adalah debit limpasan dalam satuan *cubic feet second* (cfs) dan grafik hidrograf muka air. Grafik hidrograf ini digunakan untuk mengevaluasi dimensi saluran drainase yang telah direncanakan apakah dapat menampung limpasan hujan atau tidak. Jika debit limpasan melebihi elevasinya, maka dimensi drainase perlu direncanakan ulang karena dimensi yang direncanakan sebelumnya tidak dapat menampung debit limpasan air hujan.

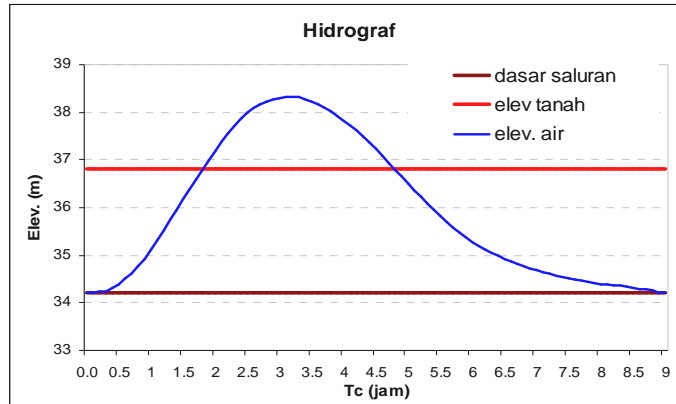
Output data yang diperoleh dari program, kemudian diplot ke dalam excel untuk mendapatkan grafik hidrograf. Grafik ini merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara besar aliran debit terhadap waktu. Berikut adalah salah satu contoh gambar grafik hidrograf debit.



Sumber : User Manual of TR-20

Gambar 2.7 Grafik Hidrograf Debit

Grafik hidrograf juga dapat digunakan untuk menganalisa kelayakan suatu sistem sungai ataupun dimensi saluran, dengan cara mengetahui elevasi air pada saluran yang dihitung. Parameter terjadinya limpasan adalah grafik hidrograf tinggi muka air yang sudah melebihi elevasi tanah pada saluran tersebut. Gambar dibawah ini merupakan contoh grafik hidrograf muka air yang sudah melebihi elevasi tanah.



Sumber : User Manual of TR-20

Gambar 2.8 Grafik Hidrograf Tinggi Muka Air

Berikut ini merupakan tabel perbandingan kelebihan dan kekurangan masing-masing metode yang digunakan dalam perhitungan.

Tabel 2.2 Perbandingan Metode Rasional dan Program TR-20

Metode Rasional	Program TR-20
<p>Kelebihan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Metode ini lebih cepat digunakan untuk merencanakan dimensi saluran drainase. 2. Memudahkan perhitungan karena parameter yang digunakan lebih sederhana (C, I, A). <p>Kekurangan :</p> <p>Kemampuannya terbatas hanya dapat digunakan untuk menentukan debit banjir bagi saluran-saluran dengan daerah aliran kecil, seperti untuk perencanaan system drainase local, daerah perkotaan, lapangan terbang, dll.</p>	<p>Kelebihan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Metode ini dapat memprediksi kelayakan sungai, apabila dilakukan modifikasi pada sungai tersebut sehingga tidak diperlukan perhitungan ulang. 2. Metode program TR-20 dapat disimulasikan terhadap variasi beberapa model. 3. Informasi yang dipeperoleh lebih detail. <p>Kekurangan :</p> <p>Variasi data input lebih banyak, sehingga diperlukan ketelitian dalam memasukannya.</p>

2.4 WILAYAH STUDI

2.4.1 Umum

Dalam konteks hulu–hilir (*upstream – down stream*) wilayah Kota Depok termasuk pada katagori wilayah tengah (*middle stream*). Dalam kaitannya dengan banjir, wilayah tengah ini hanya menjadi wilayah yang dilewati sebelum air sampai di daerah hilir (Jakarta dan sekitarnya). Namun demikian karena karakteristik fisik lahan maupun akibat penggunaan lahan di Kota Depok terdapat di beberapa kawasan yang menjadi kawasan rawan genangan.

Secara topografi, kota Depok termasuk dataran rendah dan dengan ketinggian berkisar antara ± 70 m – 90 m dari permukaan laut dan merupakan daerah resapan air bagi DKI Jakarta. Depok terletak di propinsi Jawa Barat, antara $6^{\circ}19'00''$ - $6^{\circ}28'00''$ LS dan $106^{\circ}43'00''$ - $106^{\circ}55'30''$ BT. Karena lokasinya yang berada di daerah periferi Kota Jakarta, Depok merupakan daerah penyangga bagi Ibukota DKI Jakarta, terutama dalam penyedia kawasan permukiman. Batas-batas wilayahnya adalah sebagai berikut :

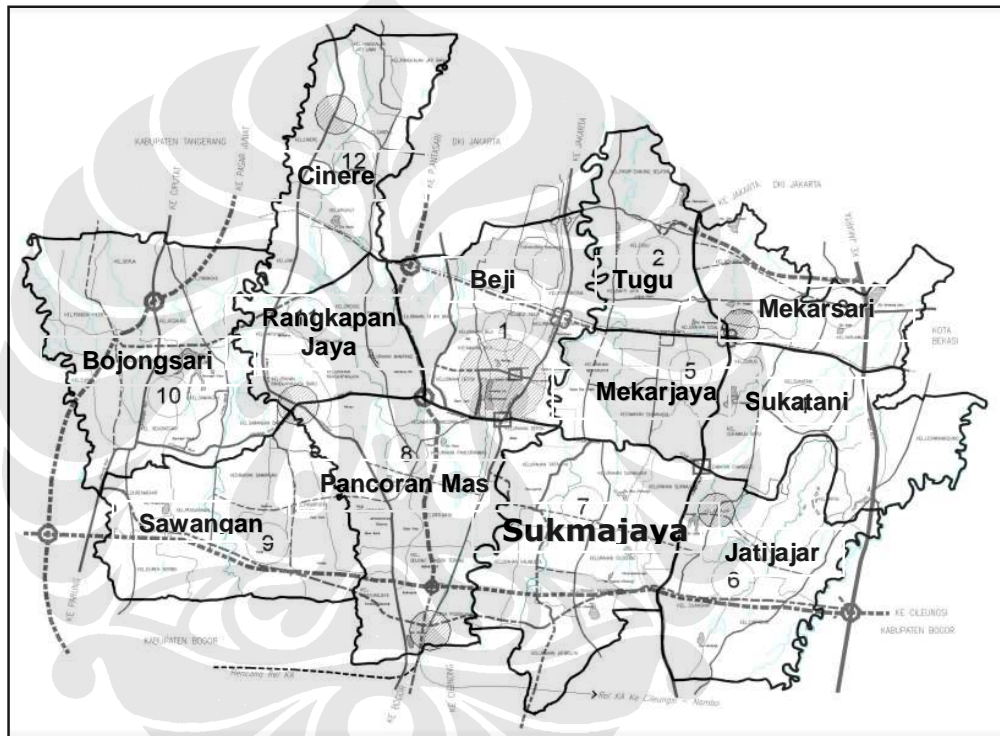
1. Sebelah Utara : berbatasan dengan DKI Jakarta dan Kecamatan Ciputat Kabupaten Tangerang
2. Sebelah Selatan : berbatasan dengan Kecamatan Bojong Gede dan Kecamatan Cibinong Kab. Bogor
3. Sebelah Barat : berbatasan dengan Kecamatan Gunung Sindur dan Parung Kabupaten Bogor
4. Sebelah Timur : berbatasan dengan Kecamatan Gunung Putri Kab. Bogor dan Kec. Pondok Gede Bekasi

2.4.2 Bagian Wilayah Kota (BWK)

Untuk mempermudah pengarahannya pembangunan kota, perlu diidentifikasi unit wilayah pengembangan kota. Berdasarkan pengenalan struktur ruang dan jangkauan pelayanannya, wilayah kota dibagi atas beberapa Bagian Wilayah Kota (BWK) yang mencerminkan fungsi dominan dan penunjangnya.

Menurut Perda Kota Depok No. 12 Tahun 2001 Bagian Wilayah Kota atau selanjutnya disingkat BWK adalah kawasan yang diarahkan bagi pemusatan berbagai kegiatan campuran maupun spesifik, memiliki fungsi strategis dalam menarik berbagai kegiatan pemerintahan, sosial, ekonomi, dan budaya.

Sesuai dengan karakteristik fisik dan perkembangannya, pengembangan RTRW Depok dibagi menjadi 12 Bagian Wilayah Kota yaitu : Beji, Tugu, Mekarsari, Sukatani, Mekarjaya, Jatijajar, Sukmajaya, Pancoran Mas, Sawangan, Bojongsari, Rangkapan Jaya, dan Cinere.



Gambar 2.9 Pembagian BWK

2.4.3 Karakteristik Sub DAS Sugutamu

Sub DAS Sugutamu berada pada $06^{\circ}22'30''$ BT dan $106^{\circ}28'35''$ LS - $106^{\circ}50'50''$ BT dan termasuk ke dalam wilayah administratif kecamatan Sukmajaya, Kota Depok, Jawa Barat. Sungai Sugutamu termasuk ke dalam anak sungai Ciliwung dan berada dalam wilayah tengah DAS Ciliwung.

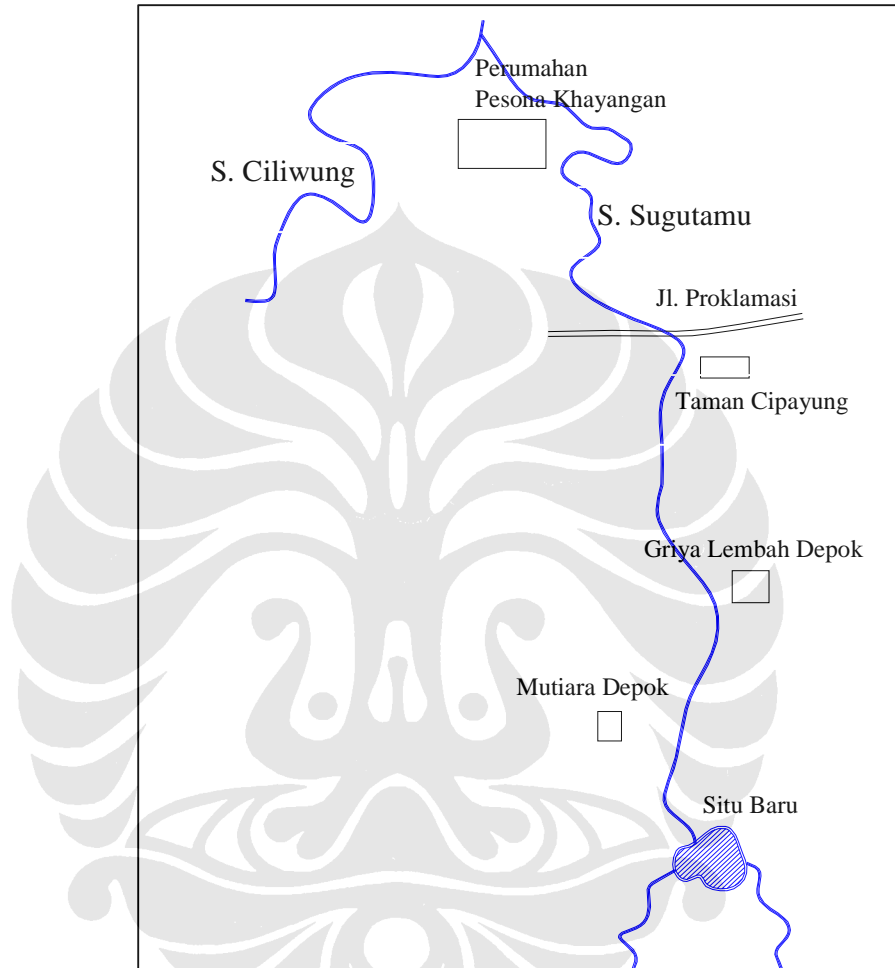
Secara geografis, Sub DAS Sugutamu dibagi menjadi 3 (tiga) bagian sub-DAS, yaitu bagian hulu, tengah, dan hilir. Bagian hulu mulai dari ujung mata air Cikaret sampai dengan batas jalan Divisi 1 Cilodong. Bagian tengah antara jalan Divisi 1 Cilodong sampai jalan Tole Iskandar. Bagian hilir antara jalan Tole Iskandar sampai dengan pertemuan kali Sugutamu dengan Sungai Ciliwung.



Gambar 2.10 Peta Sub DAS Sugutamu

Sungai Sugutamu merupakan anak dari sungai Ciliwung. Sungai Sugutamu berada dalam wilayah administrasi Kota Depok. Bagian hilir sungai pada kecamatan Sukmajaya sedangkan bagian hulu terletak di kecamatan Cibinong, Bogor. Sungai Sugutamu di dalam Kota Depok melalui daerah

pemukiman padat penduduk seperti Perumahan Pesona Khayangan, Griya Depok Asri, Griya Lembah, Sukmajaya Permai, Permata Duta, Taman Cipayung, dan Mutiara Depok. Berikut merupakan peta daerah pemukiman yang dilalui sungai Sugutamu.



Gambar 2.11 Peta Daerah Pemukiman

Detail propertis kali Sugutamu dijabarkan sebagai berikut dibawah ini :

1. Luas Sub DAS Sugutamu sebesar $\pm 1.684,46$ ha ($16,84$ km²), yaitu seluas $\pm 511,3$ ha di luar wilayah Kota Depok dan $\pm 1172,7$ ha di dalam Kota Depok.
2. Panjang sungai Sugutamu adalah $13,925$ km, yaitu antara ujung DAS-titik hulu sungai sepanjang $0,85$ km, antara titik hulu sungai-selatan di wilayah Depok sepanjang $2,55$ km, dan antara Utara Depok-hilir sepanjang $10,525$ km.

Sedangkan panjang mulai yang memasuki wilayah Depok yaitu mulai dari Situ Baru sampai ke bagian hilir pertemuan dengan sungai Ciliwung adalah sepanjang 6,340 km.

3. Kondisi Topografi Sub DAS Sugutamu memiliki elevasi tertinggi di bagian hulu mencapai +130 m di atas muka air laut serta di bagian hilir +74 m, sehingga permukaan lahan dapat dinyatakan cukup datar dengan kemiringan rata-rata 0,40 % dan berbentuk memanjang. Sedangkan untuk kemiringan memanjang rata-rata sungai Sugutamu adalah 5 %.
4. Penampang sungai Sugutamu berbentuk trapesium dengan kondisi saluran cukup baik terbuat dari pasangan batu. Variasi dimensi sungai dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Dimensi Sungai Sugutamu

Lokasi Pengamatan	Panjang (meter)	Lebar Atas (m)	Lebar Bawah (m)	Dalam (m)
Pesona Khayangan	0	9 – 10	4,0 – 7,0	1,5 – 2,6
Jl. Proklamasi	1345	7 – 11	4,5 – 7,5	1,5 – 2,2
Perumahan Cipayung	2330	4 – 5,5	3,0 – 4,0	1,8 – 2,0
Griya Lembah Asri	2930	6 – 9	4,5 – 7,0	2,0 – 2,5
Mutiara Depok	3980	3 – 6	2,2 – 4,0	1,8 – 2,5
Situ Baru	6340	3,5 – 5,5	2,8 – 3,5	1,8 – 2,5

Sumber :Laporan Normalisasi Sungai Sugutamu

Jenis penutup permukaan atau pemanfaatan lahan di dalam wilayah Sub DAS Sugutamu akan mempengaruhi besarnya koefisien aliran permukaan wilayah tersebut. Pemukiman mengambil persentasi terbesar dalam pemanfaatan lahan dalam sub DAS Sugutamu dan akan terus mengalami pertumbuhan pesat. Untuk data tata guna lahan Sub DAS Sugutamu mengacu pada peta tata guna lahan yang terdapat didalam RTRW kota Depok tahun 2000-2010. Berikut merupakan data tata guna lahan Sub DAS Sugutamu :

Tabel 2.4. Tata Guna Lahan Sub DAS Sugutamu

Jenis Pemanfaatan	Tahun 2007		Tahun 2010	
	Luas (km2)	%	Luas (km2)	%
Sawah teknis	0.061	0.520	0.061	0.520
Industri	0.121	1.032	0.128	1.091
Pemukiman	8.003	68.244	9.018	76.899
Situ	0.169	1.411	0.169	1.441
Kebun	1.616	13.780	1.533	13.072
Dagang / jasa	0.352	3.002	0.440	3.725
Ladang / tegalan	1.405	11.981	0.378	3.223
Total	11.727		11.727	

Sumber :Peta Tata Guna Lahan Kota Depok Tahun 2000- 2010

