

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. BANJIR KANAL BARAT (BKB)

2.1.1 Kondisi Eksisting Sistem Banjir Kanal Barat (KBK)

Banjir Kanal Barat dibangun pada tahun 1920 dengan fungsi utama mengalihkan debit banjir sungai Ciliwung dari pintu air Manggarai sampai ke muara Angke sepanjang 17 km, juga sebagai limpasan banjir dari sungai Krukut, sungai Cideng dan sungai-sungai kecil lainnya. Beberapa stasiun pompa juga telah dibangun antara lain di Setia Budi dan Melati dan beberapa waduk penampungan. Beberapa debit pompa yang masuk ke Banjir Kanal Barat (BKB) dapat dilihat pada tabel 2.1. Pompa BKB di bawah ini.

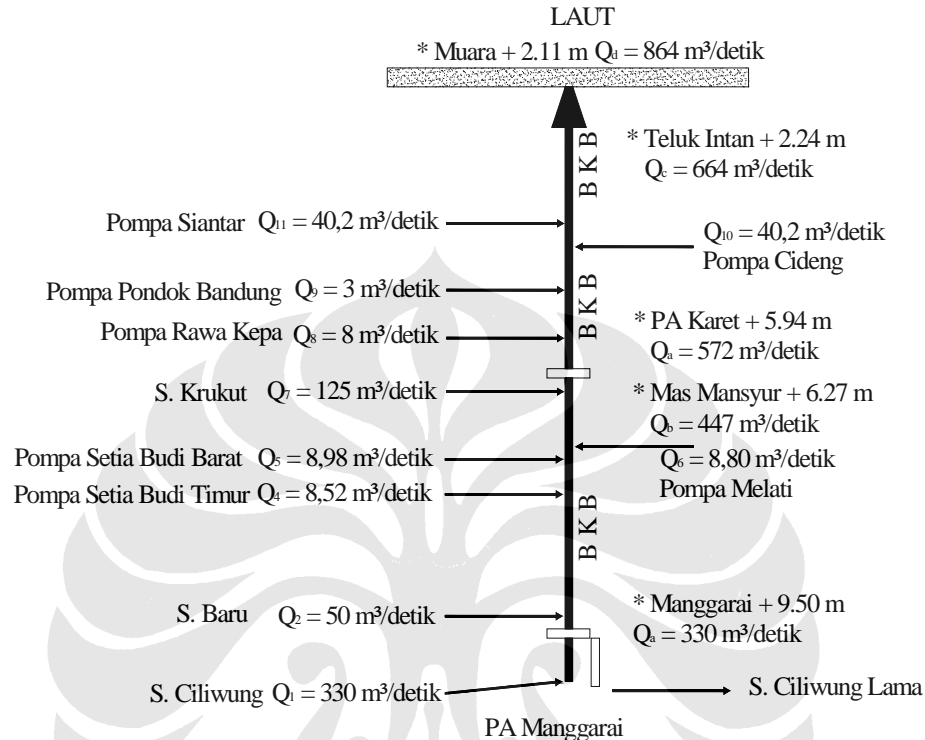
No.	Stasiun Pompa	Waduk	Luas	Pompa	
			Layanan	Jumlah	Kapasitas
			(Ha)	(unit)	(m ³ /detik)
1	Pompa Setia Budi Timur	4,00	140,00	6,00	8,50
2	Pompa Setia Budi Barat	3,00	170,00	7,00	8,98
3	Pompa Melati	8,50	185,00	8,00	8,80
4	Pompa Rawa Kupa	0,50	223,00	4,00	8,00
5	Pompa Pondok Bandung	0,06	90,00	4,00	3,00
6	Pompa Cideng	-	750,00	6,00	40,20
7	Pompa Siantar	-	-	6,00	40,20

Sumber : Dinas PU DKI Jakarta 2007

Tabel 2.1. Tabel Pompa Untuk BKB

Debit banjir 100 tahunan yang datang dari sungai Ciliwung saat ini belum semua dapat ditampung oleh Banjir Kanal Barat [4]. Mungkin hal ini disebabkan oleh kapasitas dari Banjir Kanal Barat yang mengalami pengurangan akibat

adanya pembangunan liar di sekitar bantaran Banjir Kanal Barat serta sebagai tempat pembuangan sampah. Untuk mendapat gambaran mengenai debit aliran Banjir Kanal Barat secara lengkap dapat disajikan pada **Gambar 2.1**.



Sumber : Dinas PU DKI Jakarta 2007 dan PT. Mettana Engineering Consultant

Gambar 2.1 Skema Aliran Banjir Kanal Barat (BKB)

Untuk kondisi tinggi rendah air laut yang dipakai (sesuai perencanaan awal NEDECO tahun 1973 Banjir Kanal Barat) ditentukan sebagai berikut :

- * Spring tide (high high water) : P.P + 1.15 m
- * Average high water (H.W.) : P.P + 0.90 m
- * Neap tide high water : P.P + 0.80 m
- * Mean sea level (MSL) : P.P + 0.60 m
- * Neap tide Low water : P.P + 0.40 m
- * Average Low water : P.P + 0.25 m
- * Spring tide (Low low water) : P.P + 0.00 m

Saat ini banjir Kanal Barat sedang dalam tahap penataan ulang, agar fungsi drainase dapat diwujudkan dalam dalam satu lingkungan yang layak, sehat,

air berkualitas atau standart mutu yang dapat dinikmati oleh semua lapisan masyarakat. Selain itu juga Banjir Kanal Barat belum dapat mengendalikan banjir dengan optimal, bentuk penampang melintang serta lebar sungai yang bervariasi, bantaran ditumbuhi tanaman, sampah dan hunian/ bangunan liar, kemiringan dasar yang berubah tiap ruas karena sedimen ini semua yang mengakibatkan profil sungai menjadi menyempit dan terjadilah banjir [5]. Untuk dimensi eksisting dari Banjir Kanal Barat dapat dilihat pada tabel 2.2.

Pintu air Manggarai yang terdiri dari dua pintu (2 @ 5 x 8 m), belum dapat mengalirkan debit banjir rencana ($Q > 330 \text{ m}^3/\text{detik}$), dimana pada debit tersebut tinggi muka air di depan pintu sudah pada elevasi + 9.50 m (banjir siaga 1). Begitu pula di pintu air Karet terdiri dari empat pintu (4 @ 5 x 5,5 m) belum dapat secara optimal memperlancar aliran banjir dari sungai Ciliwung maupun sungai Krukut [6].

Beberapa kondisi Jembatan dengan gelagar bawah yang rendah, dapat pula sebagai pengahalang aliran banjir, sampah-sampah akan tertahan jika jembatan tidak mampu maka akan roboh. Beberapa jembatan yang tampak perlu ditinggikan adalah jembatan Mas Mansyur, jembatan KA Karet, jembatan KS Tubun / Kyai Tapa, jembatan Latumeten dan beberapa perlintasan kabel / PAM [7].

Selain dari sungai Ciliwung, jika terjadi hujan yang mengakibatkan banjir lokal maka Banjir Kanal Barat juga akan menerima air dari pompa antara lain dari waduk Setia Budi Timur (6 unit = $8,50 \text{ m}^3/\text{detik}$; melayani 140 Ha), waduk Setia Budi Barat (7 unit = $8,98 \text{ m}^3/\text{detik}$; melayani 170 Ha), waduk Melati (8 unit = $8,8 \text{ m}^3/\text{detik}$; melayani 185 Ha) , pompa Siantara ($40,2 \text{ m}^3/\text{detik}$), pompa Rawa Kepa (4 unit = $8 \text{ m}^3/\text{detik}$; melayani 223 Ha) [8].

Pada lokasi PA Karet – Jembatan KS. Tubun, lebar sungai atas 85m, 40m berupa cekungan sungai dan 45m merupakan bantaran kanan dan kiri. Diisukan bahwa rencana kedepan oleh Pemda DKI Jakarta akan dimanfaatkan sebagai depo atau pemeliharaan monorail (kereta layang). Penggunaan saat ini sebagai hunian

liar dan lapangan sepak bola, dari segi aliran berfungsi sebagai peredam banjir. Melihat hal diatas maka Banjir Kanal Barat perlu penataan kembali sistem tata air dan lingkungan, meliputi sarana dan prasarana drainase yang terintegrasi dengan fasilitas bangunan yang ada yang dilaksanakan secara terpadu [9].

No.	Dari	Sampai	Ruas	Jarak (m)	Lebar (m)
1	14579	17279	Jem. PIK - Muara	270	74
2	13600	14579	Jem. Tol Air Port - Jem. PIK	979	90
3	13300	13600	Pertemuan Angke - Jem. Tol Airport	300	80
4	11584	13300	Jem. Teluk Gong - Pertemuan Angke	1716	50
5	10895	11584	Jem. Tubagus Angke - Jem. Teluk Angke	689	50
6	9708	10895	Jem. Latumenten - Jem. Tubagus Angke	1187	40
7	8806	9708	Jem. KA. Grogol - Jem. Latumenten	902	40
8	8220	886	Jem. Hasyim Ashari - KA. Grogol	586	40
9	7221	8220	Jem. Tomang - Jem. Hasyim Ashari	999	40
10	6809	7221	Je. Jati Pulo - Jem. Tomang	412	40
11	5847	3809	Jem. Jati Baru - Jem. Jati Pulo	962	40
12	5346	5847	Jem. KS. Tubun - Jem. Jati Baru	501	40
13	4404	5346	PA. Karet - Jem. KS. Tubun	942	85
14	3727	4404	Jem. Mas Mansyur - PA Karet	677	34
15	2877	3727	Jem. Sudirman - Jem. Mas Mansyur	850	34
16	1546	2877	Jem. Halimun - Jem. Sudirman	1331	33
17	1145	1548	Jem. Guntur - Jem. Halimun	403	33
18	855	1145	Jem. Ps. Rumpit - Jem. Halimun	290	31
19	0	855	PA. Manggarai - Jem. Ps. Rumpit	855	18

Sumber : PT. Mettana Engineering Consultant

Tabel 2.2. Dimensi Eksisting Banjir Kanal Barat

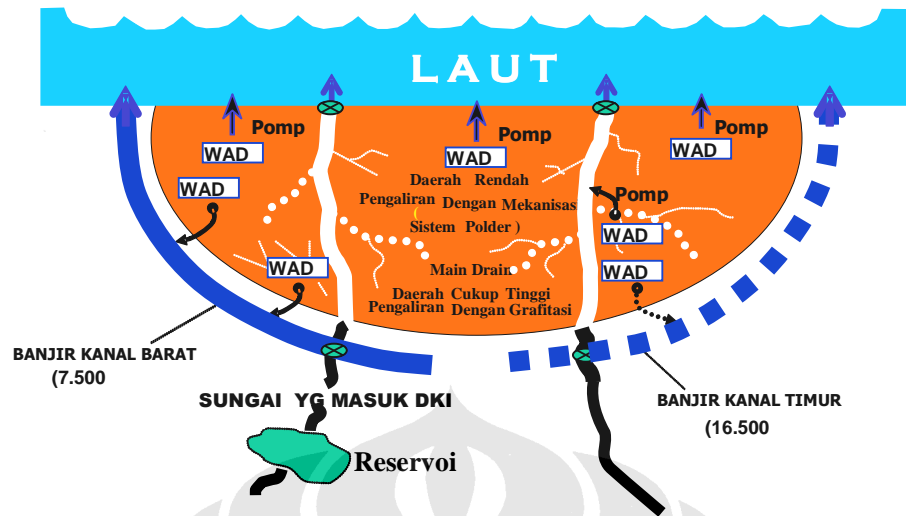
2.1.2 Master Plan Flood Control

Berdasarkan Masterplan DKI Jakarta 1973, target luas pengamanan daerah terhadap banjir adalah sekitar 24.000 Ha dengan penanganan berupa pembuatan 2 (dua) Banjir Kanal yaitu Banjir Kanal Timur (BKT) dengan daerah tangkapan sekitar 16.500 Ha dan Banjir Kanal Barat (BKB) dengan daerah tangkapan sekitar 7.500 Ha [10].

Khusus untuk Banjir Kanal Barat memiliki panjang saluran 17 km. Adapun jalur yang dilalui adalah dari daerah pintu air Manggarai ke arah barat melewati Pasar Rumput, Dukuh Atas, lalu membelok ke arah barat laut di daerah Karet Kubur. Selanjutnya ke arah Tanah Abang, Tomang, Grogol, Pademangan, dan berakhir di sebuah reservoir di muara di daerah Pluit [11].

Awal perencanaan pengendalian banjir yang dibuat tahun 1973 oleh Pemerintah RI dengan konsultan Nedeco (Belanda) adalah sebagai berikut :

1. Kali-kali yang masuk wilayah DKI Jakarta ditangkap dan dirubah alirannya agar tidak melalui tengah kota, tetapi mengelilingi kota Jakarta baik ke bagian Barat maupun ke bagian Timur dengan pembangunan Banjir Kanal.
2. Untuk aliran kali-kali yang tidak tertangkap oleh Banjir Kanal dibangun saluran pengendali banjir (Flood way / Main Drain) baik dibagian Barat maupun bagian Timur Jakarta.
3. Saluran-saluran drainase yang terletak di daerah-daerah dengan ketinggian yang cukup pengalirannya menggunakan sistem mengalir ke tempat yang lebih rendah (gravitasi).
4. Untuk daerah-daerah yang permukaannya rendah sistem pengeringannya (drainasenya) dengan sistem waduk dan pompa (Polder), waduk-waduk tersebut berfungsi antara lain : penampungan air, pengendali banjir, pengolah limbah dan rekreasi.
5. Di daerah dataran tinggi (hulu) untuk menghambat laju aliran dari daerah hulu dilakukan konservasi alam, memperbanyak bangunan situ-situ sebagai tempat penampungan (retensi) air [12].



Sumber: Presentasi DPU DKI Jakarta

Gambar 2.2. Skema Prinsip Dasar Pengendali Banjir DKI Jakarta

2.1.3 Catchment Area

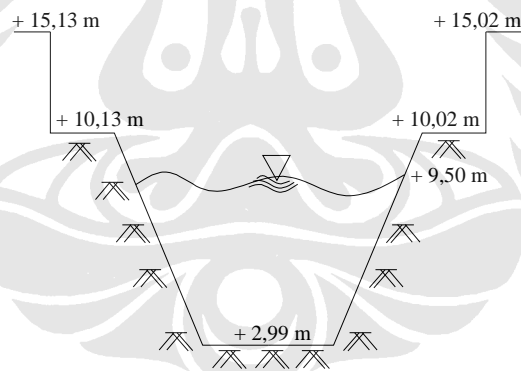
Banjir Kanal Barat terletak pada posisi Latitude 6°00'S - 6°5'S, Longitude 106°15'E - 107°15'E dan Altitude 0 – 2.500 m. Terdiri atas 3 (tiga) sungai utama yaitu : Banjir Kanal Barat (area = 445 km²), Krukut (area = 98 km²) dan Ciliwung (area = 347 km²) [13].

2.1.4 Kondisi Elevasi Banjir Kanal Barat

1. Kondisi pada PA. Manggarai 0 m
 - a. Elevasi dasar saluran + 2.99 m
 - b. Elevasi muka air banjir + 9.50 m
 - c. Elevasi tanggul kanan + 10.02 m
 - d. Elevasi tanggul kiri + 10.13 m
2. Kondisi bagian hilir tinjauan pada daerah Mas Manshur 4.033 m
 - a. Elevasi dasar saluran + 0.61 m
 - b. Elevasi muka air banjir + 7.56 m
 - c. Elevasi tanggul kanan + 8.25 m
 - d. Elevasi tanggul kiri + 8.05 m

3. Kondisi bagian hilir tinjauan pada PA. Karet 4.609 m
 - a. Elevasi dasar saluran + 0.55 m
 - b. Elevasi muka air banjir + 5.64 m
 - c. Elevasi tanggul kanan + 7.25 m
 - d. Elevasi tanggul kiri + 7.35 m
4. Kondisi bagian hilir tinjauan pada daerah Teluk Intan 14.330 m
 - a. Elevasi dasar saluran - 2.75 m
 - b. Elevasi muka air banjir + 3.31 m
 - c. Elevasi tanggul kanan + 2.40 m
 - d. Elevasi tanggul kiri + 2.96 m
5. Kondisi bagian hilir tinjauan pada daerah Muara 16.700 m
 - a. Elevasi dasar saluran - 2.56 m
 - b. Elevasi muka air banjir + 2.11 m
 - c. Elevasi tanggul kanan - 0.14 m
 - d. Elevasi tanggul kiri - 0.23 m

Sumber : PT. Mettana Engineering Conslutant



Gambar 2.3. Penampang Melintang BKB

2.1.5 Beberapa Kejadian pada Banjir Kanal Barat

Jebolnya beberapa tanggul yang terjadi pada tahun 1996, 2002 dan 2007 di Banjir Kanal Barat yang diakibatkan oleh penggerusan yang cukup besar tidak lepas dari 3 faktor utama , yaitu debit aliran yang masuk cukup besar, kecepatan aliran yang tinggi dan kondisi konstruksi tanggul yang buruk Sebagai contoh saat terjadi banjir besar tahun 2007 tanggul Banjir Kanal Barat tepatnya di Kelurahan

Tanjung Duren Utara jebol. Diperkirakan, jebolnya tanggul tersebut diakibatkan kecepatan arus aliran yang cukup tinggi dan debit aliran yang besar. Selain itu, jebolnya tanggul tidak terlepas kondisi konstruksi yang buruk. Konstruksi tanggul dibangun dengan metode dinding turap dengan bahan konstruksi berupa beton cast in situ (pengecoran dilapangan) dengan tulangan terpasang Ø8mm-300mm. Tentunya secara mata awam konstruksi ini tidaklah aman mengingat Banjir Kanal Barat yang selalu melayani arus aliran sungai yang cukup besar dan deras [14].

Selain di Kelurahan Tanjun Duren Utara, tanggul disekitar kali Sekretaris dan kali Gendong juga mengalami nasib serupa. Menurut informasi, saat tanggul tersebut jebol ketinggian muka air di PA Manggarai mencapai 1090 peil Priok (satuan ketinggian yang dihitung dari permukaan laut di Tanjung Priok) dengan curan hujan rata-rata menurut pantauan di 11 pos pengamatan hujan milik Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) menunjukkan angka rata-rata 235 mm, bahkan tertinggi di stasiun pengamat Pondok Betung mencapai 340 mm. Curah hujan rata-rata yang mencapai 235 mm itu sebanding dengan periode ulang hujan 100 tahun dengan probabilitas kejadiannya 20 persen [15].

Selain kejadian jebolnya beberapa tanggul di Banjir Kanal Barat pada tahun 2007, kejadian serupa juga pernah terjadi pada tahun sebelumnya yaitu pada tahun 2002 tepatnya 23 Februari 2002, saat itu tanggul yang jebol tersebut dilewati aliran dengan kecepatan aliran diperkirakan ± 2 m/detik. Saat itu kondisi tinggi muka air di PA Manggarai mencapai 780 peil Priok [16].

2.2 DESAIN DASAR BANJIR KANAL BERDASARKAN PERENCANAAN NEDECO TAHUN 1973.

(Sumber : Report on the Masterplan for Drainage And Flood Control of Jakarta).

Prinsip dasar desain Banjir Kanal adalah sebagai berikut :

- a. Banjir Kanal di desain untuk mengatasi banjir periode 100 tahunan
- b. Alignment Horizontal Banjir Kanal didasarkan pada Town Planning Board of Jakarta ; prinsip Alignment Horizontal Banjir Kanal adalah sebagai

penutup/polder terhadap daerah-daerah yang berada di bawah muka air pasang laut sehingga penerapan sistem drainase secara gravitasi tidak dapat diterapkan. Disamping itu juga untuk mengurangi limpasan aliran yang datang dari daerah yang lebih tinggi.

- c. Alignment vertikal dan cross sections setiap Banjir Kanal mempertimbangkan berbagai pengaruh, antara lain pengurangan beban akibat sedimentasi di sepanjang lintasan alur Banjir Kanal. Pengurangan beban akibat sedimentasi dilakukan pada suatu titik dengan cara sedimentasi di removal (dipindahkan / dialihkan) ke tempat yang lain yang relatif lebih rendah dan dekat dengan laut.
- d. Tinggi muka air pada hulu Banjir Kanal ditetapkan berdasarkan tinggi muka air laut.
- e. Ambang bebas terhadap tinggi muka air dari desain Banjir Kanal harus melebihi 1,5 m.
- f. Secara eksisting Banjir Kanal Barat harus dilengkapi dengan sebuah pintu air (PA. Karet) yang mampu menaikan tinggi muka air sehingga aliran dapat dialirkan secara gravitasi ke hilir.
- g. Kemiringan lereng atau tanggul dari Banjir Kanal didasarkan pada hasil investigasi Mekanika Tanah. Khusus untuk Banjir Kanal Barat kemiringan tanggul antara 1 : 2 sampai dengan 1 : 1,5 (vertikal : horizontal). Konstruksi tanggul harus tahan terhadap erosi yang dihitung berdasarkan aliran Lateral yang masuk ke Banjir Kanal.
- h. Struktur konstruksi dari Banjir Kanal secara desain umum berprinsip pada :
 1. Desain banjir dengan periode 2 tahunan harus mampu mengalirkan aliran secara aman saat berada di bawah konstruksi jembatan
 2. Tanggul di bawah jembatan harus mempunyai ketinggian melebihi 1,5 m dari desain banjir rencana 100 tahunan
 3. Lebar dari Banjir Kanal tidak harus selebar pintu air.

Banjir Kanal Barat merupakan kumpulan dari beberapa aliran yang datang dari beberapa sungai utama, yaitu : Ciliwung, Cideng, Krukut, Grogol, Sekretaris dan Angke termasuk juga anak sungai Pesanggrahan, sehingga jumlah

keseluruhan daerah tangkapan (catchment area) sekitar 7.500 ha. Untuk masing-masing luasan tangkapan air (catchment area) dapat dilihat pada tabel 2.4

River	Area (km ²)
Ciliwung	347
Krukut	98
Angke	263
Pesanggrahan	110
Grogol	13
Sekretaris	8
Cideng	8

Sumber : Report on the Masterplan for Drainage And Flood Control of Jakarta

Tabel 2.3. Catchment Area Sungai – Sungai pada BKB

Untuk karakteristik utama dari Banjir Kanal Barat, dapat ditampilkan pada tabel 2.5, seperti dibawah ini.

Distance (km)	side slope	Bed width	bed slope	Q100 future m ³ /s	buck-up water level (P.P)
0					
4,2	1:1,5	13,50	0,00033	290	+4,00
9,8	1:1,5	17,00	0,00033	370	+4,00
12,2	1:1,5	17,00	0,00033	370	--
18,2	1:2	28,00	0,00025	525	--

NB : jarak 0 : PA. Manggarai

-- : dipengaruhi oleh muka air laut

Sumber : Report on the Masterplan for Drainage And Flood Control of Jakarta

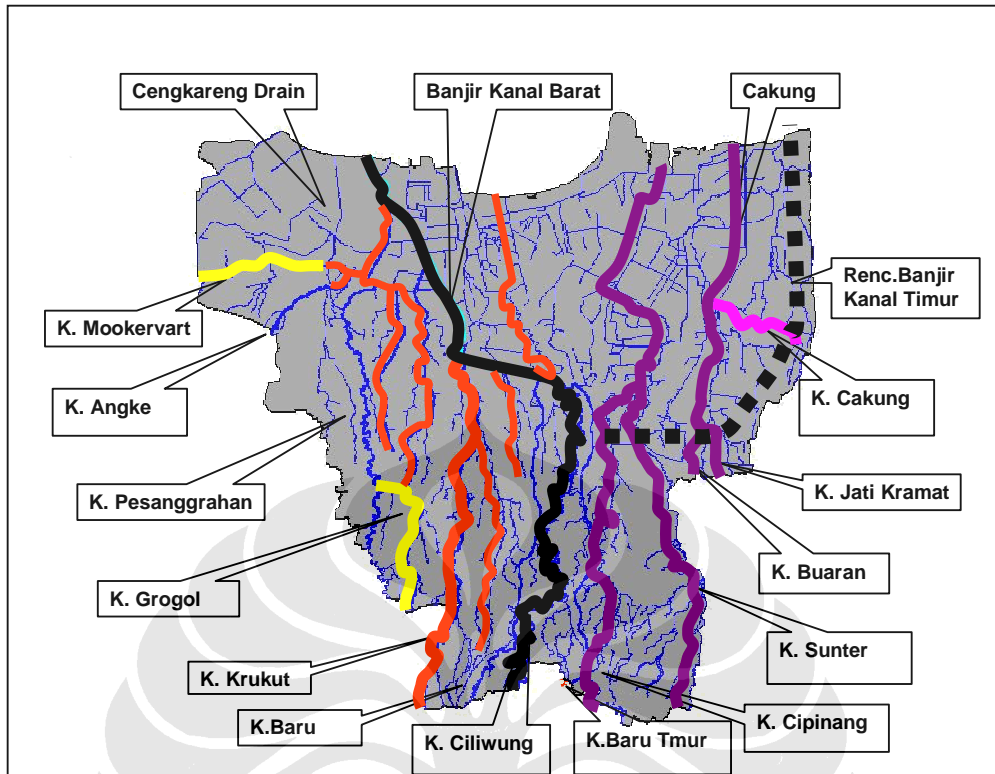
Tabel 2.4 Karakteristik Utama Banjir Kanal Barat

2.3 HIDROLOGI DAN HIDROLIKA

2.3.1. Hidrologi

2.3.1.1 Tinggi curah hujan rata-rata [17]

Curah hujan adalah banyaknya hujan yang turun pada suatu luasan tertentu yang dinyatakan dalam mm. Curah hujan yang diperoleh pada stasiun hujan kemudian dianalisa dengan analisa frekuensi untuk melihat sebaran yang ada.



Sumber : Presentasi DPU DKI Jakarta

Gambar 2.4. Kondisi Letak Sungai-Sungai di DKI Jakarta

Analisa frekuensi adalah analisa yang dilakukan 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.

Ada beberapa metode yang digunakan dalam perhitungan tinggi curah hujan rata-rata, yaitu :

a. *Metode Rata-Rata Aritmatik*

Tinggi curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan rumus :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- d = tinggi curah hujan rata-rata
- d_1, d_2, \dots, d_n = tinggi curah hujan pada pos pengamatan 1, 2, ..., n
- n = banyaknya pos pengamatan

b. *Metode Poligon Thiessen*

Rumus yang digunakan :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_i} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- A_t = luas area total
- d = tinggi curah hujan rata-rata
- d_1, d_2, \dots, d_n = tinggi curah hujan di pos pengamatan 1, 2, ..., n
- A_1, A_2, \dots, A_n = luas area pengaruh di pos pengamatan 1, 2, ..., n

c. *Metode Isohyet*

Rumus dari metode ini :

$$d = \frac{A_1 \frac{d_0 + d_1}{2} + A_2 \frac{d_1 + d_2}{2} + \dots + A_n \frac{d_{n-1} + d_n}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{d_{i-1} + d_i}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- d = tinggi curah hujan rata-rata
- d_0, d_1, \dots, d_n = curah hujan pada isohyet 0, 1, ..., n
- A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah yang dibatasi oleh isohyet yang bersangkutan

2.3.1.2 *Curah Hujan Maksimum* [18]

$$X_T = \bar{X} + \sigma_x \frac{(Y_T - Y_N)}{\sigma_N} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- X_T = curah hujan harian maksimum sesuai dengan periode ulang T tahun
- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata dari hasil pengamatan

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

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

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

σ_x = *Standard deviation* dari data pengamatan

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

σ_N = *reduced standard deviation*, tergantung dari jumlah tahun pengamatan.

2.3.1.3 Intensitas Hujan

Curah hujan jangka pendek dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut intensitas curah hujan (mm/jam). Besarnya intensitas curah hujan itu berbeda-beda yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya.

2.3.1.4 Uji Konsistensi Data

Data-data curah hujan yang ada, sebelum kita gunakan terlebih dahulu perlu diuji konsistensinya. Ada 2 cara pengujian yang dapat dilakukan, yaitu :

1. Uji Rataan Jumlah Curah Hujan Tahunan
Perbedaan antara jumlah curah hujan tahunan tiap stasiun dengan rata-rata jumlah curah hujan tahunan tidak boleh lebih dari 10 %.

2. Uji dengan Lengkung Massa Ganda (*Double Mass Curve*)
Jika grafik hubungan antara curah hujan tahunan rata-rata kumulatif stasiun yang ditinjau dengan curah hujan tahunan rata-rata kumulatif beberapa stasiun hujan yang berdekatan menunjukkan garis lurus, maka data hujan stasiun yang ditinjau konsisten [19]. Kekonsistenan data didasarkan pada seberapa besar sudut yang terbentuk dari penyimpangan kurva yang terjadi yang disimbolkan dengan alfa (α). Untuk konsisten data, alfa (α) tidak boleh dari 10° ($\alpha < 0$).

2.3.1.5 Limpasan [20]

Ada beberapa jenis limpasan yang mempengaruhi masuknya air permukaan ke saluran, yaitu :

a. Limpasan permukaan (*surface runoff*)

Limpasan permukaan adalah pergerakan air yang terjadi di permukaan bumi. Besarnya limpasan permukaan tergantung kepada besar curah hujan, evaporasi serta infiltrasi yang terjadi. Makin besar daya infiltrasi, maka perbedaan antara intensitas curah hujan dengan daya infiltrasi akan menjadi makin kecil. Akibatnya limpasan permukaannya akan semakin kecil sehingga debit puncaknya juga menjadi semakin kecil.

b. Limpasan air tanah (*sub surface runoff*)

Limpasan air tanah adalah pergerakan air yang terjadi dibawah permukaan bumi. Definisi air tanah yaitu air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi.

2.3.1.6 Tata Guna Lahan [21]

Tata guna lahan menunjukkan pola serta intensitas penggunaan lahan. Perbedaan intensitas tata guna lahan mempengaruhi volume air hujan yang mengalir di permukaan dan kemudian masuk ke dalam badan sungai. Lahan yang masih asli atau berupa hutan yang masih ditumbuhi oleh tumbuh-tumbuhan yang menutupi permukaan akan memiliki angka koefisien limpasan permukaan yang kecil, sedangkan lahan yang sudah dibuka atau diolah memiliki koefisien limpasan permukaan yang besar.

2.3.1.7 Topografi[22]

Peta topografi adalah peta yang mengambar kontur suatu wilayah. Dari peta topografi ini dapat ditelusuri aliran-aliran limpasan yang menuju suatu titik sungai sebagai suatu sistem DAS.

2.3.1.8 Daerah Aliran Sungai (DAS) [23]

DAS adalah daerah tangkapan air hujan yang masuk kedalam suatu jaringan sungai yang dibatasi oleh punggung bukit yang dapat memisahkan dan

membagi air hujan menjadi aliran permukaan ke masing-masing DAS. Kemudian dari batasan DAS maupun sub DAS tersebut dapat ditentukan luas daerah tangkapan hujannya.

Character of surface	Return Period (years)						
	2	5	10	25	50	100	500
Developed							
Asphaltic	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concrete/roof	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Grass areas (lawns, parks, etc)							
<i>Poor condition (grass cover less than 50% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Avarege, 2-7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Steep, over 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Fair condition (grass cover on 50% to 75% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Avarege, 2-7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Steep, over 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Good condition (grass cover larger than 75% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Avarege, 2-7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Steep, over 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Undeveloped							
<i>Cultivated Land</i>							
Flat, 0-2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Avarege, 2-7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Steep, over 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
<i>Pasture / Range</i>							
Flat, 0-2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Avarege, 2-7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Steep, over 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Forest / Woodlands</i>							
Flat, 0-2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Avarege, 2-7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Steep, over 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Sumber : Buku Hidrology “ Applied Hydrology “ by Fen Pe Chow in City of Austin, Texas.

Tabel 2.5 Nilai Koefisien Limpasan Permukaan (Metode Rasional)

2.3.2 Perhitungan Hidrolika

2.3.2.1 Kapasitas Saluran [24]

Perhitungan kapasitas saluran dipengaruhi oleh kecepatan aliran dan luas penampang saluran. Kecepatan dipengaruhi oleh penampang hidrolis saluran,

panjang saluran dan kemiringan saluran. Mencari kecepatan dapat menggunakan rumus Manning berikut ini :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana,

V = kecepatan aliran rata-rata (m/s)

n = koefisien kekasaran Manning = $(n_0 + n_1 + n_2 + n_3)m$

R = jari-jari hidroli(m) = $\frac{A}{O}$ (2.8)

S = kemiringan saluran

A = luas penampang melintang basah (m²)

O = keliling penampang basah (m)

No.	Type Channel & Description	Value		
a.	Material involved	Earth	n ₀	0,020
		Rock out		0,025
		Fine gravel		0,024
		Coarse gravel		0,028
b.	Degree of irregularity	Smooth	n ₁	0,000
		Minor		0,005
		Moderate		0,010
		Severe		0,020
c.	Relative effect of obstruction	Negligible	n ₂	0,000
		Minor		0,010 - 0,015
		Appreciable		0,020 - 0,030
		Severe		0,040 - 0,060
d.	Vegetation	Low	n ₃	0,005 - 0,010
		Medium		0,010 - 0 025
		High		0,025 - 0 050
		Very High		0,050 - 0,100
e.	Degree of meandering	Minor	m	1,000
		Appreciable		1,150
		Severe		1,300

Sumber : U.S. Departement of Transportation, 1985 and W. L. Cowan, 1956

Tabel 2.6 Nilai Koefisien Manning (n)

Dengan didaptnya kecepatan (V) maka debit saluran (Q) yang ada dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = A \cdot V \quad (m^3/jam) \dots\dots\dots(2.9)$$

2.3.2.2 Debit Banjir Rencana [25]

Perhitungan debit banjir rencana (Q) dilakukan untuk menentukan atau memperkirakan besarnya debit berdasarkan masa ulang peristiwa yang diharapkan terjadi menyamai atau lebih besar dari pada debit banjir rata-rata.

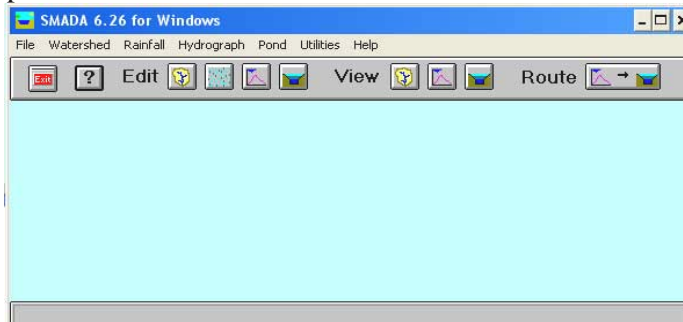
Rumus yang digunakan : $Q = C \cdot I \cdot A \quad (m^3/jam) \dots\dots\dots(2.10)$

- Dimana :
- C = koefisien pengaliran permukaan
 - I = intensitas hujan (mm/jam)
 - A = luas daerah pengaliran (m²)

2.4. PROGRAM SMADA VERSI 6.26 [26]

SMADA atau *Stromwater Management and Design Aid* adalah suatu software hidrologi yang cukup lengkap dan dapat digunakan sebagai suatu alat untuk menghitung kumpulan – kumpulan data hidrologi yang dimasukkan. Program ini menyediakan analisa hidrologi, design aliran permukaan (*stromwater design*), analisa distribusi statika serta regresi dan lain sebagainya. Dalam program SMADA, ada beberapa sistem pendukung yang dapat menghasilkan output berupa grafik atau kurva baik itu berupa grafik atau kurva rainfall (curah hujan) maupun debit aliran , yaitu :

- Watershed
- Rainfall
- Hydrographs



Gambar 2.5. Jendela utama SMADA

2.4.1 Watershed

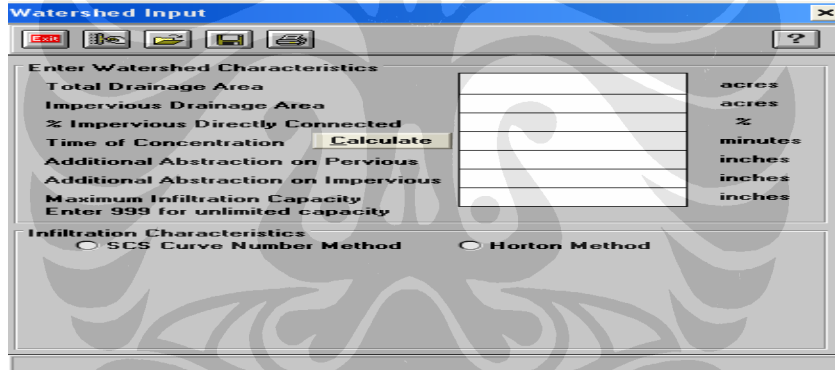
Watershed memuat informasi mengenai karakteristik tata guna lahan suatu daerah. Input dalam Watershed terdiri atas :

- a. Luas DAS (*total drainage area*) dalam satuan acres
- b. Luas daerah yang kedap air (*Impervious drainage area*) dalam satuan acres.
- c. Porsentase Luas daerah yang kedap air (*Impervious*) dalam satuan %.
- d. Waktu konsentrasi (*t_c*) dalam satuan menit, yaitu waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari hulu ke hilir.

$$t_c = 0,0078 \left(\frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

- e. SCS Curve Number
- f. Kapasitas maximum infiltrasi dalam satuan inci
- g. Faktor initial abstraction

Dan output yang dihasilkan adalah berupa initial abtraction.



Gambar 2.6. Watershed Input Windows

Terdapat dua cara dalam menganalisa karakteristik infiltrasi pada watershed yaitu:

1. Metode Horton

Metode ini memiliki lima parameter input data yaitu ;

- Maximum Infiltration = infiltrasi yang maksimum (*f(t)*)
- Horton Limiting Infiltration Rate = infiltrasi ultimate (*f_c*)
- Horton Initial Infiltration Rate = infiltrasi (*f_o*)
- Horton Depletion Coefficient = koefisien pengosongan (*K*)
- Time = waktu (*t*)

dengan persamaan Horton (Wanielista, 1990):

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c)e^{-Kt} \dots\dots\dots(2.12)$$

2. Metode SCS-CN (*soil conservation service – curve number*)

Input data yang diperlukan jika menggunakan metoda ini adalah :

- Maximum Infiltration

Kapasitas maksimum infiltrasi oleh tanah dalam satuan inci.

- Curve Number

Jumlah kurva yang dihasilkan oleh SCS, untuk estimasi banyaknya infiltrasi selama hujan berlangsung, jumlah kurva kurang dari 100, >90 tidak ada infiltrasi, < 50 banyak infiltrasi).

- Initial Abstraction Factor

faktor yang digunakan oleh SMADA untuk menghitung infiltrasi yang ada, biasanya menggunakan 0.2 tapi tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan nilai faktor yang lain.

Land Use	Hydrologic Soil Class			
	A	B	C	D
Bare Ground	77	86	91	94
Alam bebas terbuka	63	77	85	88
Kebun	72	81	88	91
Padang rumput (>75%)	39	61	74	80
Padang rumput jarang (50-75%)	68	79	86	89
Area berpohon jarang	36	60	73	79
Good Pasture and Range	39	61	74	80

Sumber : *adopted from USDA-SCS, 1986 and 1975*

Tabel 2.7. Jumlah Kurva untuk Pervious Area *

Metode SCS-CN memperkirakan infiltrasi yang terjadi. Jumlah kurva yang dipilih menggambarkan lapisan atas atau jenis tanah area. Jumlah kurva antara 25 (untuk tanah yang tertutup dengan baik oleh hutan dan tanah masuk dalam kelas A) sampai 98 (untuk permukaan yang tertutupi oleh paving).

Faktor Inisial abstraction menggunakan 0,2 S, dengan nilai 0,2 menyatakan faktor abstraksi yang diambil, sedangkan S adalah kedalaman maksimum air tanah. S dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = (1000 / CN) - 10 \dots\dots\dots(2.13)$$

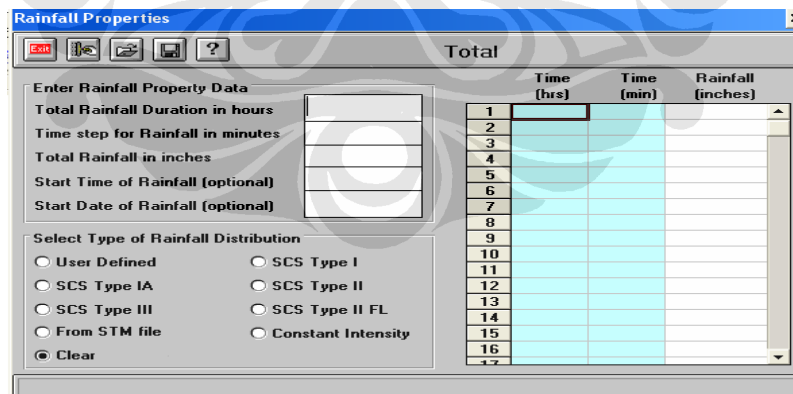
Dimana : CN = Curve Number
 S = Maximum storage depth

2.4.2 Rainfall

Berisikan data property curah hujan yang mengambari perilaku dan pola pesebaran curah hujan. Data – data yang diperlukan dalam analisa rainfall dapat diambil dari kurva IDF. Data tersebut antara lain terdiri atas :

- a. Lamanya durasi hujan yang terjadi (total duration rainfall) dalam satuan jam (hours).
- b. Waktu tiap pencatatan (time step for rainfall) dalam satuan menit.
- c. Jumlah curah hujan harian maximum tiap periode waktu tertentu (X_T) dalam satuan inches.
- d. Kurva distribusi curah hujan.

SMADA memiliki beberapa tipe jenis kurva distribusi curah hujan, yaitu : SCS tipe I, SCS tipe IA, SCS tipe II, SCS tipe II FL, SCS tipe III dan constant intensity. Output yang dihasilkan dari analisa rainfall adalah berupa grafik Rainfall Hyetograph dan grafik Cumulative Rainfall Hyetograph yang merupakan hubungan antara curah hujan (inches) dan waktu (jam).



Gambar 2.7. Rainfall Properties Windows

2.4.3 Hidrograf

Hyetograph merupakan sarana simulasi antara data Watershed dan Rainfall yang menghasilkan grafik debit aliran. Dalam analisa hidrograf ini kita

juga harus menentukan distribusi debit aliran. Ada beberapa jenis kurva hidrograf, yaitu :

1. Kurva Santa Barbara Hidrograf Urban
2. Kurva SCS menggunakan perhitungan dasar waktu hydrograph dengan

persamaan : $tb = tp + tf$ (2.14)

$tb = tp + x.tp$ (2.15)

dengan : tb : waktu awal
 tp : waktu puncak
 tf : waktu undur
 x : $(2/K) - 1$ for area in acres
 x : $(1291/K) - 1$ for area in square miles
dengan $25 \leq K \leq 645$

Kurva SCS ada beberapa type, yaitu : SCS 484 Method 1, SCS 256 Method 1, SCS 484 Method 2 dan SCS 256 Method 2.

2.5 PROGRAM HEC-RAS VERSI 3.1.3 [27]

Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS) dikembangkan oleh ahli teknik hidrologi dibawah U.S Army Corps. Perangkat lunak (*software*) ini merupakan generasi terbaru dan pengembangan dari program teknik hidrologi sebelumnya. HEC-RAS adalah program yang dirancang untuk membuat simulasi aliran satu dimensi (artinya aliran yang dirancang hanya mengalir pada satu arah yang sama).

Perangkat lunak HEC-RAS memberikan kemudahan kepada pemakai dengan tampilan grafisnya. Persamaan dasar yang digunakan pada model numerik ini adalah persamaan konservasi massa dan konservasi momentum.

Untuk memudahkan sistem sungai pada HEC-RAS dibuat model / project. Suatu model sungai di dalam HEC-RAS adalah kumpulan beberapa file yang membangun model yang akan disimulasi. Secara umum data yang disiapkan untuk project meliputi data geometri, data aliran dan data *Plan*. Skema sungai

dibangun atas nama sungai (*River*) dan *Reach*. River dapat terdiri satu atau lebih reach. Setiap reach digambarkan dengan titik-titik koordinat. Titik-titik yang telah digambarkan dapat diedit kembali (dapat dipindah atau ditambah / dikurangi).

Proyek HEC-RAS generasi terbaru ini meliputi beberapa aspek dari teknik hidrolika yaitu :

- Hidrolika sungai
- Simulasi sistem reservoir
- Analisa kerusakan akibat banjir
- Perkiraan waktu riil (*real-time*) sungai untuk pengoperasian reservoir

Program ini didisain untuk melakukan perhitungan secara satu dimensi pada saluran alami dan buatan yang memiliki hubungan/jaringan antara yang satu dengan lainnya.



Gambar 2.8. Jendela utama HEC-RAS

2.5.1 Kemampuan HEC-RAS Versi 3.1.3

Secara garis besar HEC-RAS versi 3.1.3 memiliki kemampuan sebagai berikut :

1. Interaksi dengan pengguna (*user interface*)

Fasilitas ini memberikan kemudahan kepada pengguna untuk berinteraksi dengan HEC-RAS. Adapun fungsi dari fasilitas ini adalah :

- Pengaturan file
- Pemasukan dan pengeditan data
- Analisa hidraulik
- Input dan output data yang disajikan dalam bentuk grafis dan tabulasi
- Bantuan langsung / reporting facilities

2. Komponen analisa hidrolik

Komponen analisa program HEC-RAS berupa :

- Profil permukaan air aliran tetap (*steady flow water surface profiles*)
- simulasi permukaan air aliran tidak tetap (*unsteady flow water surface simulation*)
- Transpor sedimen (*sediment transport*)

3. Pengaturan dan penyimpanan file

Data yang dimasukkan pengguna disimpan dalam sebuah file dengan kategori tersendiri pada suatu proyek, perencanaan, geometri, aliran tetap, aliran tidak tetap dan data sedimen.

4. Grafik dan pelaporan

Grafik yang disajikan seperti skema sistem sungai, potongan melintang, kurva nilai, higrograf dan variabel hidrolik lainnya. Hasil dan input data dapat dicetak dengan fasilitas reporting. Hasil pelaporan dapat dipilih menurut type informasi yang diinginkan.

2.5.2 Perhitungan Aliran Secara Satu Dimensi

2.5.2.1 Profil Permukaan Air Aliran Tetap (steady flow water surface profile)

HEC-RAS versi 3.1.3. mampu melakukan perhitungan profil permukaan air secara satu dimensi untuk aliran air yang mengalami variasi yang berangsur-angsur pada saluran alami maupun buatan. Selain itu untuk kondisi dibawah kritis, paling kritis dan gabungan aliran dari profil permukaan air juga dapat dihitung.

a. Persamaan untuk perhitungan profil dasar

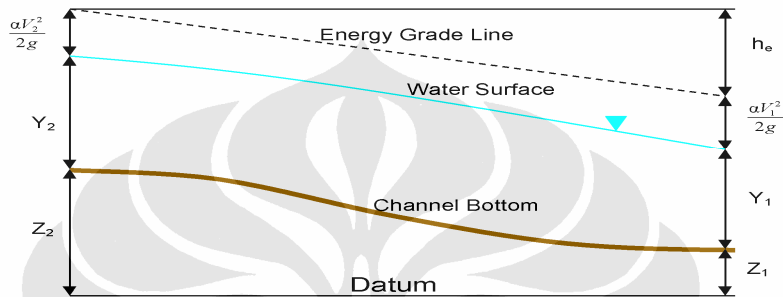
Profil permukaan air dihitung dari satu potongan melintang ke potongan melintang lainnya dengan menggunakan persamaan energi :

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana : Y_1, Y_2 = kedalaman air pada potongan melintang
 Z_1, Z_2 = elevasi dari saluran utama

- V_1, V_2 = kecepatan rata-rata
- α_1, α_2 = koefisien pemberatan kecepatan
- g = kecepatan gravitasi
- h_e = energi yang hilang

Energi yang hilang (h_e) antara dua potongan melintang terdiri dari kehilangan akibat gesekan dan perluasan dapat dirumuskan menjadi :



Gambar 2.9. Representasi dari terminologi dalam persamaan energi

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots (2.17)$$

- Dimana : L = panjang pembebanan
- \bar{S} = kemiringan friksi diantara dua potongan melintang
- C = koefisien kehilangan akibat perluasan

Panjang pembebanan (L) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \dots\dots\dots (2.18)$$

- Dimana : L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = panjang jangkauan potongan melintang yang ditetapkan untuk aliran dalam overbank kiri, saluran utama dan overbank kanan.

$\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$ = perhitungan rata-rata dari aliran antara bagian-bagian untuk overbank kiri, saluran utama dan overbank kanan.

b. Pembagian Potongan Melintang untuk Perhitungan Conveyance

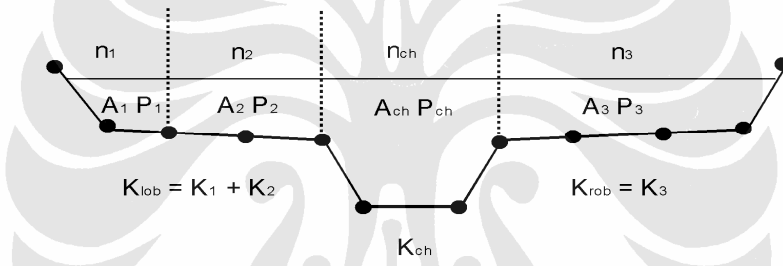
Penentuan dari conveyance total dan koefisien kecepatan pada suatu potongan melintang memerlukan pembagian aliran menjadi unit-unit dimana

kecepatan didistribusikan secara seragam. Pendekatan yang digunakan HEC-RAS untuk membagi aliran pada area *overbank* berdasarkan lokasi dimana nilai n mengalami perubahan.

Conveyance dihitung pada masing-masing bagian dari bentuk berikut berdasarkan persamaan manning :

$$Q = KS_f^{1/2} \rightarrow K = \frac{1,486}{n} AR^{2/3} \dots\dots\dots(2.19)$$

- Dimana : K = conveyance pada masing-masing bagian
 n = koefisien roughness manning pada masing-masing bagian
 A = luas aliran untuk masing-masing bagian
 R = radius hidrolis untuk masing-masing bagian (luas/keliling penampang basah)



Gambar 2.10. Metode pembagian conveyance menurut HEC-RAS

Program akan menjumlahkan semua nilai dari conveyance tambahan dari overbank untuk menghasilkan nilai conveyance untuk overbank kiri dan kanan. Sedangkan untuk saluran utama conveyance secara normal dihitung sebagai elemen conveyance tunggal. Conveyance total dari potongan melintang dihasilkan dengan menjumlahkan tiga bagian conveyance (kiri, saluran dan kanan).

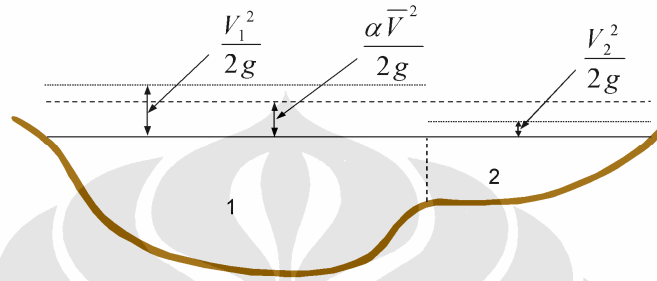
c. Evaluasi Energi Kinetik Rata-rata

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa HEC-RAS merupakan program yang menghitung profil permukaan air secara satu dimensi, dimana hanya terdapat satu permukaan air. Oleh karenanya energi yang dihitung pada masing-masing potongan melintang hanya ada satu.

Untuk mendapatkan sebuah elevasi permukaan air, maka besar energi akibat beban aliran pada tiga bagian (overbank kiri, saluran utama dan overbank kanan) disetiap masing-masing potongan melintang dijumlahkan sehingga dihasilkan energi rata-rata.

V1 = kecepatan rata-rata untuk sub area 1

V2 = kecepatan rata-rata untuk sub area 2



Gambar 2.11. Contoh bagaimana energi rata-rata dihasilkan

Untuk menghitung energi kinetik rata-rata, perlu diketahui koefisien kecepatan pembebanan (alpha). Alpha dapat dihitung sebagai :

Energi kinetik = pembebanan kecepatan beban

$$\alpha = \frac{[Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2]}{Q \bar{V}^2} \dots\dots\dots (2.20)$$

Koefisien kecepatan (*alpha*) dihitung berdasarkan conveyance pada tiga elemen aliran (overbank kiri, saluran utama dan overbank kanan), sehingga persamaan diatas menjadi :

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3} \dots\dots\dots (2.21)$$

- Dimana : A_t = luas aliran total dari potongan melintang
- A_{lob}, A_{ch}, A_{rob} = luas aliran dari overbank kiri, saluran utama dan overbank kanan
- K_t = conveyance total dari potongan melintang
- K_{lob}, K_{ch}, K_{rob} = conveyance dari overbank kiri, saluran utama dan overbank kanan

d. Penentuan Kedalaman Kritis

Untuk kondisi paling kritis, kedalaman kritis secara otomatis akan dihitung untuk setiap potongan melintang, sehingga dimungkinkan untuk dilakukan perbandingan secara langsung antara elevasi seimbang dengan kritis. Kedalaman kritis untuk sebuah potongan melintang akan dapat ditentukan jika beberapa kondisi dibawah ini terpenuhi :

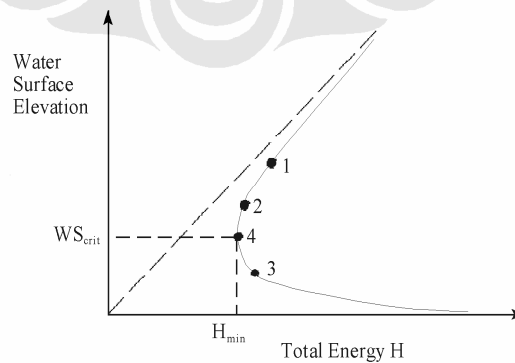
- Aliran paling kritis telah diperoleh
- Perhitungan kedalaman kritis memang disarankan/diinginkan oleh pengguna
- Batasan potongan melintang terluar dan kedalaman kritis perlu ditentukan untuk memastikan kondisi batas yang dimasukkan pengguna adalah benar.
- Membuktikan bahwa adanya hubungan *regime flow* dengan elevasi seimbang.

Total energi yang hilang pada sebuah potongan melintang didefinisikan sebagai :

$$H = WS + \frac{\alpha V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana : H = total energi yang hilang
WS = elevasi permukaan air
 $\frac{\alpha V^2}{2g}$ = kecepatan yang hilang

Elevasi permukaan air kritis adalah elevasi dimana total energi yang hilang sangat kecil (minimum). Elevasi kritis ditentukan dengan prosedur iterasi dimana nilai WS diasumsikan sesuai dengan nilai H yang ditentukan dengan persamaan (2.22)



Gambar 2.12. Diagram energi vs elevasi permukaan air

2.5.2.2 Data-Data Dasar Yang Dibutuhkan

Untuk melakukan perhitungan dengan menggunakan program HEC-RAS (versi 3.1.3) dibutuhkan beberapa data yang secara garis besar dapat dikategorikan sebagai berikut : data geometri, data aliran tetap (*steady flow data*), data aliran tidak tetap (*unsteady flow data*) dan data sedimen (belum tersedia).

- **Data Geometri**

Data geometri menggambarkan hubungan dari sistem sungai secara skematis. Data tersebut berupa potongan melintang dari suatu sungai atau saluran, panjang sungai atau saluran, koefisien energi yang hilang akibat gesekan (friksi) maupun akibat perluasan (ekspansi) dan data informasi mengenai simpangan arus.

- a. *Skema Sistem Sungai*

Skema sistem sungai diperlukan untuk penentuan berbagai data geometri lainnya dalam sistem HEC-RAS. Skema menggambarkan bagaimana berbagai laju aliran sungai dihubungkan. Skema dari suatu sistem sungai dikembangkan melalui penggambaran dan menghubungkan berbagai laju aliran kedalam pengeditan data geometri. Skema sistem sungai ini harus dibuat sebelum data-data lainnya dapat dimasukkan.

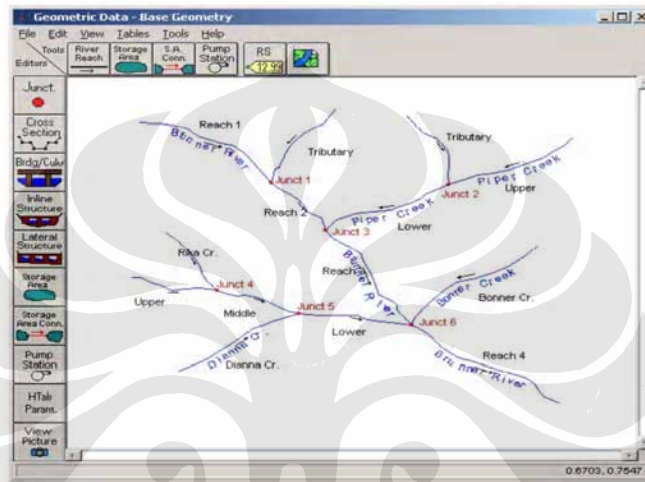
Hubungan dari setiap laju aliran (arus) sangat penting dalam permodelan, sehingga dapat diketahui bagaimana proses perhitungan yang harus dilakukan. Hubungan dari laju aliran ini ditandai dengan adanya suatu simpangan (*junction*). Simpangan hanya ditetapkan pada lokasi dimana dua arus yang terpisah menyatu pada suatu titik pertemuan.

- b. *Geometri Potongan Melintang*

Batas geometri dalam analisa aliran sungai alami adalah profil permukaan tanah (potongan melintangnya) dan besar jarak antara keduanya. Potongan melintang dibutuhkan untuk mengetahui dan menampilkan perubahan yang terjadi pada suatu saluran atau sungai seperti kemiringan, bentuk atau *roughness*. Selain itu potongan melintang digunakan untuk menganalisa dampak dari kondisi lokal

pada kedalaman aliran rendah, studi sedimentasi dan penentuan penempatan reservoir.

Data yang diperlukan untuk menentukan potongan melintang dari suatu sungai yaitu panjang dari laju aliran dibagian hilir, koefisien roughness dan koefisien perluasan (*expansion*).



Gambar 2.13. Skema sistem sungai

c. Koefisien kehilangan Energi (Energi Losses Coefficients)

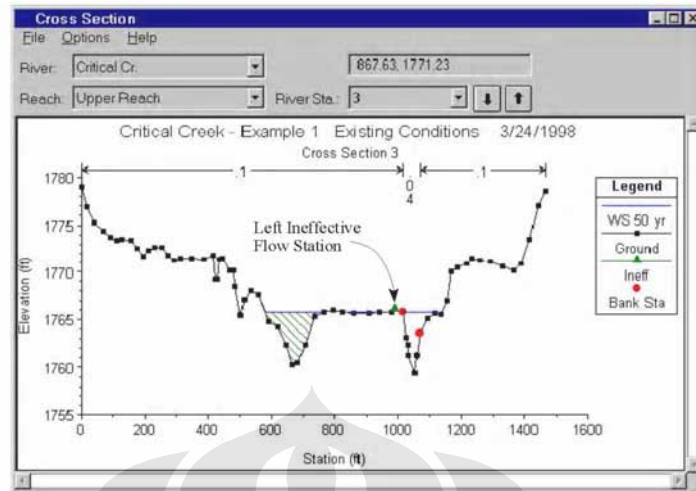
Ada beberapa koefisien kehilangan yang digunakan program untuk mengevaluasi kehilangan energi yaitu :

- Nilai Mannings (n) atau sama dengan nilai Roughness (k)

Pemilihan nilai manning yang sesuai sangat penting dan sangat berpengaruh terhadap profil permukaan air yang dihitung. Koefisien manning merupakan variabel yang bergantung pada kekasaran permukaan, vegetasi, ketidak beraturan saluran, alinyemen saluran, ukuran dan bentuk saluran, temperatur, hambatan, perubahan musim lainnya.

Banyak faktor yang mempengaruhi pemilihan nilai n, namun menurut Cowan nilai tersebut dapat dihitung dengan menggunakan :

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m \dots\dots\dots (2.23)$$



Gambar 2.14. Potongan melintang suatu sungai

Dimana :

- n_b = nilai dasar n berdasarkan aliran lurus dan seragam, kehalusan saluran dengan material alami
- n_1 = untuk permukaan yang tidak beraturan
- n_2 = variasi nilai berdasarkan bentuk dan ukuran saluran
- n_3 = nilai akibat hambatan (obstruction)
- n_4 = nilai untuk vegetasi dan kondisi aliran
- m = faktor koreksi untuk saluran yang berliku-liku

Untuk nilai k (*Roughness value*) sangat berpengaruh pada nilai C . (koefisien *roughness chezy*). Sesuai dengan persamaanya :

$$C = 32,6 \log_{10} \left[\frac{12,2R}{k} \right] \dots\dots\dots (2.24)$$

- Dimana : C = koefisien *roughness chezy*
- R = radius hidrolis
- K = ekivalen *roughness*

- Data Aliran Tidak Tetap (*Unsteady Flow Data*)

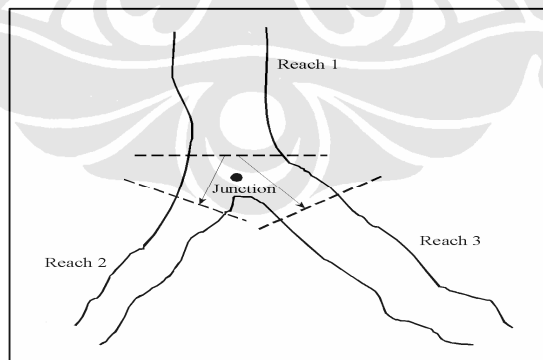
Aliran tidak tetap membutuhkan data yang tidak jauh berbeda dengan aliran tetap hanya saja ada dua kondisi batas yaitu external dan internal.

- Data Aliran Tetap (*Steady Flow Data*)
 untuk aliran tetap data yang dibutuhkan adalah : regime aliran, kondisi batas dan debit puncak.
- Koefisien penyempitan dan perluasan
 Nilai maksimum untuk koefisien penyempitan dan perluasan adalah satu. Secara umum koefisien penyempitan dan perluasan harus lebih rendah dari nilai aliran super kritisnya.

	Contraction	Expansion
No transition loss computed	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Typical Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

Tabel 2.8. Nilai Koefisien penyempitan dan perluasan

- Data Pertemuan Anak Sungai
 Pertemuan anak sungai menggambarkan situasi beberapa aliran yang bergabung menjadi satu.



Gambar 2.15. Pertemuan Anak Sungai

	k (Feet)
Brass, Cooper, Lead, Glass	0.0001 - 0.0030
Wrought Iron, Steel	0.0002 - 0.0080
Asphalted Cast Iron	0.0004 - 0.0070
Galvanized Iron	0.0005 - 0.0150
Cast Iron	0.0008 - 0.0180
Wood Stave	0.0006 - 0.0030
Cement	0.0013 - 0.0040
Concrete	0.0015 - 0.0100
Drain Tile	0.0020 - 0.0100
Riveted Steel	0.0030 - 0.0300
Natural River Bed	0.1000 - 3.0000

Tabel 2.9. Nilai Koefisien Roughness berdasarkan material

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>B. Lined or Built-Up Channels</i>			
1. Concrete			
a. Trowel finish	0.011	0.013	0.015
b. Float Finish	0.013	0.015	0.016
c. Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.020
d. Unfinished	0.014	0.017	0.020
e. Gunite, good section	0.016	0.019	0.023
f. Gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
g. On good excavated rock	0.017	0.020	
h. On irregular excavated rock	0.022	0.027	
2. Concrete bottom float finished with sides of:			
a. Dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
b. Random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
c. Cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
d. Cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
e. Dry rubble on riprap	0.020	0.030	0.035
3. Gravel bottom with sides of:			
a. Formed concrete	0.017	0.020	0.025
b. Random stone in mortar	0.020	0.023	0.026
c. Dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036
4. Brick			
a. Glazed	0.011	0.013	0.015
b. In cement mortar	0.012	0.015	0.018
5. Metal			
a. Smooth steel surfaces	0.011	0.012	0.014
b. Corrugated metal	0.021	0.025	0.030
6. Asphalt			
a. Smooth	0.013	0.013	
b. Rough	0.016	0.016	
7. Vegetal lining	0.030		0.500

Sumber : User manual of HEC-RAS

Tabel 2.10. Koefisien Manning (n)

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>C. Excavated or Dredged Channels</i>			
1. Earth, straight and uniform			
a. Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
b. Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
c. Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
d. With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
2. Earth, winding and sluggish			
a. No vegetation	0.023	0.025	0.030
b. Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
c. Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
d. Earth bottom and rubble side	0.028	0.030	0.035
e. Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
f. Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
3. Dragline-excavated or dredged			
a. No vegetation	0.025	0.028	0.033
b. Light brush on banks	0.035	0.050	0.060
4. Rock cuts			
a. Smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
b. Jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
5. Channels not maintained, weeds and brush			
a. Clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
b. Same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
c. Dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
d. Dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140

Sumber : User manual of HEC-RAS

Tabel 2.10. Koefisien Manning n (lanjutan)