

ANALISA HIDROLOGI TERAPAN UNTUK PERENCANAAN DRAINASE PERKOTAAN

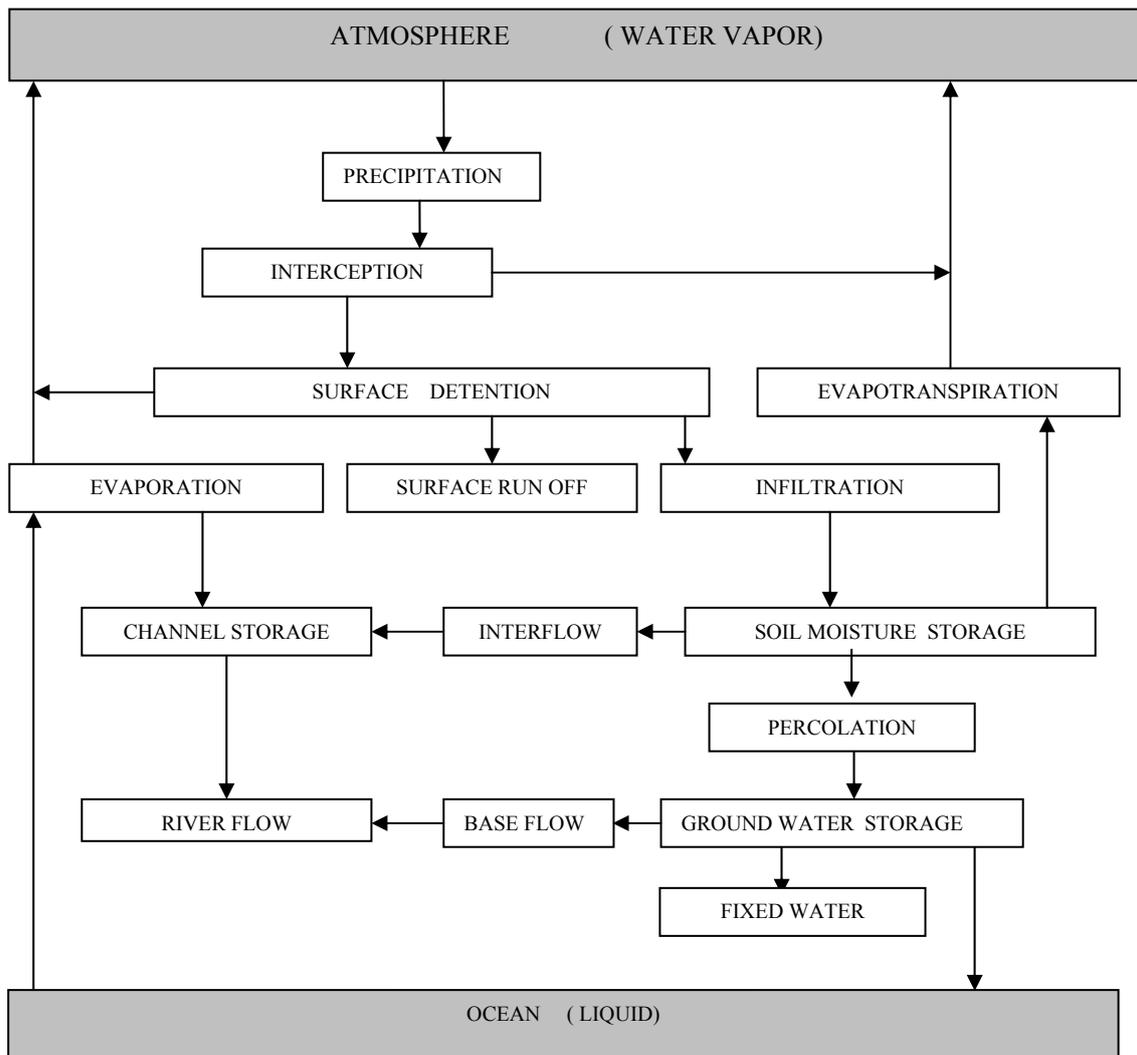
1. PENDAHULUAN

SIKLUS HIDROLOGI

Untuk memperkenalkan beberapa terminologi yang digunakan dalam hidrologi, mungkin akan berguna bila sebelumnya membicarakan siklus hidrologi.

Siklus hidrologi secara globalnya merupakan sebuah system yang tertutup. Dengan kata lain, air (dalam bentuk gas, cairan atau padat) berputar dalam system dan tidak keluar atau masuk kedalam system tersebut. Keseluruhan system dikendalikan oleh radiasi yang masuk R_i dan radiasi yang keluar R_o . Gambar 1.1. menunjukkan gambar skema dari siklus hidrologi global, dimana:

Diagram 1.1



2. CURAH HUJAN

2.1. KURVA FREKUENSI DURASI INTENSITAS

Karena presipitasi membentuk sebagian besar input terhadap model simulasi komputer, beberapa analisa dasar dari data presipitasi dibahas pada bab ini.

Desain dari culvert (gorong-gorong), jembatan kecil dan drainase air hujan membutuhkan analisa dari kejadian hujan durasi pendek intensitas tinggi. Metodologi yang biasa adalah mengumpulkan hujan maksimum untuk durasi dari 5 menit, 10, 20 menit, 1 jam dan 24 jam untuk tiap tahun pencatatan dan untuk melaksanakan analisa frekuensi untuk tiap durasi. Analisa Curah Hujan adalah sebagai berikut :

A. Cara Normal Distribusi.

- a. Hitung Nilai Rata-rata

$$R_{rt} = \Sigma R/n$$

- b. Hitung Standar Deviasi

$$\delta = [\Sigma (R - R_{rt})^2 / (n-1)]^{1/2}$$

Keterangan :

- R = Hujan tahunan maksimum
R_{rt} = hujan tahunan maksimum rata-rata
δ R = Deviasi standar.

Tabel Normal Distribusi

Return Period T	1/T	1- 1/T	z	z * δR	R _{rt+5} = R _{rp}
1	2	3	4	5	6
1000	0.001	0.999	3.08		
500	0.002	0.998	2.88		
200	0.005	0.995	2.575		
100	0.01	0.99	2.327		
50	0.02	0.98	2.054		
25	0.04	0.96	1.75		
10	0.1	0.9	1.284		
5	0.2	0.8	0.845		
2	0.5	0.5	0		

B. Cara Ln Distribusi Normal

Tabel perhitungan Ln Normal Distribusi

Return Period T	1/T	1- 1/T	z	z* δln R	LnRrp=ln Rrt+5	Rrt+5= Rrp
1	2	3	4	5	6	7
1000	0.001	0.999	3.08			
500	0.002	0.998	2.88			
200	0.005	0.995	2.575			
100	0.01	0.99	2.327			
50	0.02	0.98	2.054			
25	0.04	0.96	1.75			
10	0.1	0.9	1.284			
5	0.2	0.8	0.845			
2	0.5	0.5	0			

C. Pearson Tipe III

- a. Hitung Nilai Rata-rata Curah hujan

$$R_{rt} = \sum R/n$$

- b. Hitung Standar Deviasi

$$\delta = [\sum (R- R_{rt})^2] / (n-1)$$

Keterangan :

R = Hujan tahunan maksimum

R_{rt} = hujan tahunan maksimum rata-rata

δ R = Deviasi standar.

- c. Hitung koefisien Skewnes

$$C_s = \frac{n * \sum (R - R_{rt})^3}{(n-1) * (n-2) * \delta_R^3}$$

- d. Hitung Z_p

$$Z_p = \frac{2}{C_s} \left[\left\{ \frac{C_s}{6} \left(Z - \frac{C_s}{6} \right) + 1 \right\}^3 - 1 \right]$$

Tabel perhitungan Pearson Tipe III Distribusi

Return Period T	1/T	1- 1/T	z	zp	zp * δR	Rrp=Rrt+5
1	2	3	4	5	6	7
1000	0.001	0.999	3.08	4,382		
500	0.002	0.998	2.88			
200	0.005	0.995	2.575			
100	0.01	0.99	2.327			
50	0.02	0.98	2.054			
25	0.04	0.96	1.75			
10	0.1	0.9	1.284			
5	0.2	0.8	0.845			
2	0.5	0.5	0			

D. Cara Ln Pearson Type III

Tabel perhitungan Ln Pearson Tipe III Distribusi

Return Period T	1/T	1- 1/T	z	zp	zp* δln R	Ln Rrp=ln Rrt+5	Rrt+5 = R
1	2	3	4	5	6	7	8
1000	0.001	0.999	3.08				
500	0.002	0.998	2.88				
200	0.005	0.995	2.575				
100	0.01	0.99	2.327				
50	0.02	0.98	2.054				
25	0.04	0.96	1.75				
10	0.1	0.9	1.284				
5	0.2	0.8	0.845				
2	0.5	0.5	0				

E. Cara Gumbel

Distribusi Gumbel

- Hitung Hujan maksimum Tahunan rata-rata = R_{rt}
- Hitung Standard Deviasi
- Hitung Koefisien Variasi

$$C_V = \frac{\delta_R}{R_{rt}}$$

- Cari nilai expected mean of reduced dari n
- Hitung frekuensi faktor

$$K = \frac{y - y_n \text{ rata-rata}}{\delta_n}$$

- Hitung $y = 1 - \ln(-\ln(T/T-1))$
- Hitung $R_{rp} = R_{rt} + R_{rt} \cdot K \cdot C_p$

Analisa frekuensi dapat juga dilaksanakan menggunakan metoda grafik, sebagai contoh kertas probability (kemungkinan). Dengan membuat peringkat terhadap data untuk setiap durasi dalam hal besarnya dan memberikan nomor peringkat m terhadap setiap jumlah curah hujan. Untuk nilai tertinggi $m = 1$, untuk nilai tertinggi selanjutnya $m = 2$ dst. Dan nilai terkecil mempunyai nomor peringkat n sebanding dengan nomor total dari titik data, jika jumlah curah hujan r_m mempunyai nomor peringkat m, kemudian berdasarkan sampel, kemungkinan bahwa curah hujan sebanding atau lebih besar daripada r_m adalah sebanding dengan m/n . Secara matematik:

$$P[R \geq r_m] = m/n$$

Secara natural nilai terkecil semestinya diberikan nomor peringkat 1 dan nilai nomor peringkat yang terbesar sebesar n. Dalam kasus ini kemungkinan bahwa hujan sebanding atau kurang daripada r_m diberikan oleh m/n dan $P[R \leq r_m] = m/n$. Semua ini digambarkan dalam satu contoh.

Curah hujan	Nomor peringkat	Nomor peringkat	$P [R \geq r]$	$P [R \leq r]$
r_1 (terbesar)	1	n	1/n	n/n
r_2	2	n-1	2/n	n-1/n
r_3	3	n-2	3/n	n-2/n
.
.
.
r_{n-1}	n-1	2	n-1/n	2/n
r_n (terkecil)	n	1	n/n	1/n

Catatan : Jumlah curah hujan r_2, r_1, \dots, r_n harus diubah menjadi mm/hr agar memudahkan membandingkan dengan durasi lainnya.
 Dalam kasus distribusi menerus (continuous distribution).

$$P [R \geq r] + P [R \leq r] = 1,0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Tapi hal ini tidak muncul menjadi kasus dalam contoh karena jumlah dari dua kemungkinan sebanding dengan $(n + 1) / n$. Alasan dari perbedaan ini adalah kenyataannya bahwa sampel merupakan sample diskrit. Untuk mengatasi persoalan ini dimana, untuk contoh dan tidak terlalu ilmiah, menghitung kemungkinan tidak sama dengan m/n tapi sama dengan $m / (n+1)$ untuk memenuhi persamaan (1).

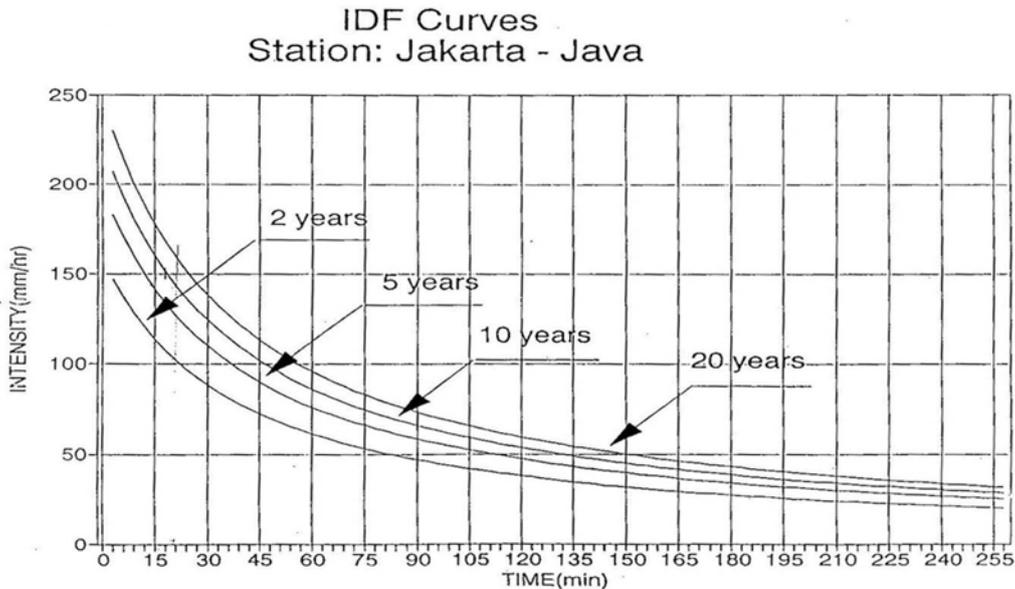
Dengan memplotkan dari $(100 m)/(n+1)$ (frekuensi dalam %) terhadap nilai dari r_m' pada kertas probabilitas (kemungkinan) (log normal atau log Gumbel) dan dijadikan garis lurus melalui titik-titik dari distribusi frekuensi. Garis ini dapat diperpanjang dibawah range frekuensi yang dihitung.

Data untuk seluruh durasi yang berbeda diplotkan pada lembar yang sama pada kertas probabilitas dan garis lurus harus mempunyai kelompok kesamaan. Ini berarti bahwa kemiringan dari kurva frekuensi (biasanya garis lurus) harus berubah secara bertahap dan tidak secara acak. Hasil dari analisa frekuensi akan terlihat sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.1.

Kebalikan dari probabilitas $p = P [R \geq r] = \%$ dari waktu r dibandingkan atau lebih dibandingkan dengan perioda ulang $T (p = 1/T)$ dalam tahun apabila probabilitas didasarkan pada nilai maksimum tahunan. Perioda ulang ditunjukkan diatas gambar 2.1. Analisa frekuensi.

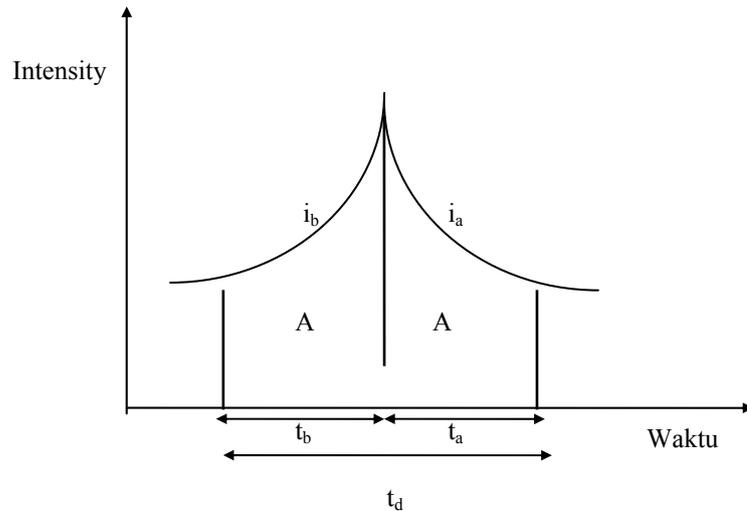
Gambar 2.1

KURVA IDF UNTUK DKI JAKARTA DAN SEKITARNYA



2.2. KURVA AREA-DEPTH-DURATION

Beberapa model simulasi komputer yang digunakan sekarang membutuhkan input tinggi curah hujan rata-rata pada suatu daerah yang biasanya basin dari drainase, untuk durasi yang berlainan tanpa mengacu pada perioda ulang. Kemungkinan curah hujan maksimum (PMP \approx probable maximum precipitation) sebagai contoh dapat dianggap sebagai input bagi model untuk mendapatkan banjir maksimum yang dimungkinkan (PMF \approx Probable Maximum Flood). Untuk kepentingan ini masing-masing hujan harus dianalisa tersendiri.

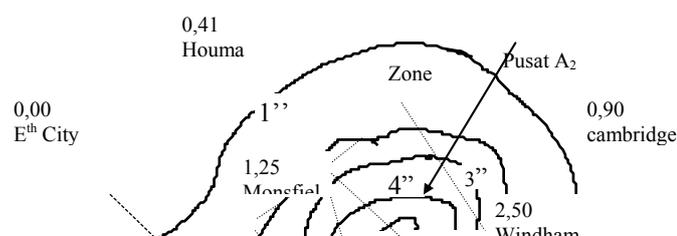


Gambar 2.2
Hidrograf Intensitas Hujan

Ketika kurva IDF didasarkan pada data curah hujan pada suatu tempat, kurva depth-area-duration (DAD) didasarkan pada distribusi areal dan distribusi temporal dan membutuhkan distribusi temporal (time) dari curah hujan pada station yang berbeda.

Untuk membuat kurva DAD untuk hujan, peta isohyet dari total curah hujan dan kurva masa dari akumulasi hujan pada setiap station pengamat yang digunakan.

Peta isohyet untuk hujan seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.6 dan digunakan untuk mendapatkan informasi tentang areal distribusi tanpa acuan distribusi waktu. Gambar 2.7 menunjukkan komputasi untuk mendapatkan kedalaman rata-rata untuk total hujan berdasarkan pada peta isohyet (catatan : tinggi curah dalam inci dan area dalam mile persegi). Ini harus dicatat bahwa rata-rata curah hujan pada daerah yang diperluas ditetapkan. Kolom (10) ketika diplotkan terhadap kolom (5) disebut kurva Area-Depth dan memberikan hasil rata-rata tinggi curah hujan untuk daerah tangkapan air dari area tertentu berdasarkan total curah hujan yang diberikan peta isohyet.



Gambar 2.3
Peta Isohyet

Gr s No	Zone Huja n	Isohy et (inchi)	Area cakupan		Area bersih (mile persegi)	Tinggi curah hujan dalam (inchi)	volume curah hujan (in / mile ²)		Rata rata tinggi hujan (inchi) (9 : 5)
			Bacaan planimeter	Area (mile persegi)			incr men t (6 x 7)	aku mula si	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A	64	-	Station	-	-	-	-	64
2	Pusat A ₁	6	9	14	14	6,2	87	87	62
3									
4	Pusat A ₂	6	7	6	8	6,1	67	67	61
5									
6	A ₁ + A ₂	6	-	25	-	-	-	154	-
7		5	123	189	164	5,5	902	1056	5,6
8		4	531	815	626	4,5	2817	3873	4,8
9		3	1580	2424	1609	3,5	5632	9505	3,9
10		2	3652	5602	3178	2,5	7945	17450	3,1
11		1	6704	10284	4682	1,5	7023	24473	2,4
12									
13	B	5	36	55	55	5,3	292	292	5,3
14		4	319	489	434	4,5	1953	2245	4,6
15		3	1171	1796	1307	3,5	4574	6819	3,8
16		2	3122	4789	2993	2,5	7482	14301	30
17		1	6749	10353	5564	1,5	8346	22647	2,2
18									
19									
20	A+B	2	-	10391	-	-	-	31751	3,1
21		1	-	20637	-	-	-	47120	2,3
22									
23									
24	Isohyet tidak melingkup daerah tsb								

Tabel 2.1. Komputasi kedalaman rata-rata untuk hujan total

Ini harus dilakukan jika curah hujan yang ditunjukkan pada peta isohyet akan terjadi pada suatu daerah dengan cara kemungkinan yang terburuk, rata-rata hujan akan kurang daripada nilai yang ditemui dari kurva Area-Depth karena ini sangat tidak sama, jika tidak mungkin, untuk bentuk wilayah yang identik terhadap bentuk isohyet. Oleh karena itu beberapa bentuk untuk memaksimalkan dicapai jika kurva area-depth digunakan untuk mendapatkan tinggi rata-rata curah hujan, dan kemudian seringkali rata-rata tinggi curah hujan. Selanjutnya kemungkinan bahwa hujan akan terjadi dalam kemungkinan yang terburuk, bentuk bebasnya adalah nol.

3. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR

Semua cara untuk perkiraan debit banjir yang berdasarkan curah hujan lebat, dapat diklasifikasikan dalam 3 (tiga) cara berikut:

1. Dengan rumus empiris
2. Cara Statistik dan atau kemungkinan
3. Cara dengan unit hidrograf

Cara dengan rumus empiris biasanya digunakan sebagai alat terakhir, yakni jika tidak terdapat data yang cukup atau digunakan untuk memeriksa hasil yang didapat dengan cara lain.

Cara yang kedua telah digunakan sebelum cara hidrograf satuan diterapkan. Cara ini sangat teoritis dan mempunyai suatu keuntungan yang besar sebagai peramalan yang berdasarkan data-data yang lalu. Cara hidrograf satu telah pernah diakui oleh seluruh dunia sebagai cara yang paling dipercaya dan berguna dalam teknik peramalan debit banjir. Cara ini dapat diterapkan pada daerah-daerah pengaliran yang kurang dari 25 Km² sampai daerah pengaliran 5000 Km²

3.1. RUMUS EMPIRIS

Jika tidak terdapat data hidrologis yang cukup, maka perkiraan debit banjir dihitung dengan rumus-rumus empiris yang telah banyak dikemukakan. Hampir semua rumus jenis ini adalah jenis yang menyatakan korelasi satu atau dengan dua variabel yang sangat berhubungan dengan debit banjir. Tetapi rumus-rumus ini dapat memberikan harga perkiraan yang kasar secara tepat.

Bentuk rumus-rumus ini ditentukan oleh angka-angka karakteristik curah hujan, daerah aliran dan ketetapan lain yang dianggap cocok untuk daerah pengaliran yang dihitung. Bentuk rumus-rumus debit banjir itu mempunyai bentuk sebagai berikut :

$$Q = KA^n$$

Atau $Q = \frac{a}{b + A^n} + c$ (13)

$$Q = \frac{a}{b + A^n} + c$$

- Dimana : Q = debit maksimum
 K = koefisien mengenai karakteristik curah hujan dan daerah aliran
 n = Ketetapan yang kurang dari 1
 a,b,c : tetapan-tetapan

Tabel 3.1. Rumus-rumus untuk menghitung debit banjir

No.	Pembuat Rumus Negara Satuan	Rumus	Catatan	Nama
1.		$Q=(10-70) A^{0.5}$	Curah hujan sedang A=3.000-160.000 km ²	<i>Perancis</i> M
2		$Q_a =150 A^{0.5}$	Hujan lebat A= 400-3.000 Km ²	<i>Perancis</i> M
3		$Q_a =24,12 A^{0,516}$	A=15-200.000Km ²	<i>German</i> M
4	<i>Wistler</i>	$Q_m = \{ 1,538/(A+259)+0,054\}A$	A=1.000-12.00 Km ²	<i>Italy</i> M
5	<i>Pagliaro</i>	$Q_m=2.900h/(A+90)$	A < 1.000 Km ²	<i>Italy</i> M
6.		$Q_m=2.000 A^{0.5}$		<i>New Zeland</i> E
7	<i>Inglis</i>	$Q = 7000 A / \sqrt{A+4}$	Untuk daerah pengaliran dengan bentuk kipas <i>India</i>	E
8	<i>Ryues</i>	$Q = 675 A^{0,67}$		E
9	<i>Ryues</i>	$Q_a =560 A^{0,67}$		E
10	<i>Bransby Williams</i>	$Q =4.600 A^{0.52}$	A lebih dari 10 mile ²	<i>Britain</i> E
11	<i>US Geological Survey</i>	$Q =1.400 A^{0.476}$	A = 1.000-24.000 mile ²	<i>USA</i> E
12	<i>Myer</i>	$Q =10.000 A^{0.5}$		<i>USA</i> E
13	<i>Baird & Mcillwraith</i>	$Q_m=131.000 A/(107 +A)^{0.78}$	Debit banjir max di <i>Australia</i>	E
14	<i>Baird & Mcillwraith</i>	$Q_m=222 .000 A/(185 +A)^{0.5}$	Seluruh dunia <i>Australia</i>	E
15	<i>Fanning</i>	$Q =200 A^{5/6}$		<i>USA</i> E

Q dan Q_m : Debit banjir maximum Q_a : debit rata-rata (tahunan) A : Daerah aliran
M : sistem metrik ($Q= m^3/det$, $A= Km^2$) E : Sistem foot-pound ($Q= ft^3/det$, $A= mile^2$)

Hidrologi untuk Pengairan

Editor : Suyono Sosrodarsono & Kensaku Takeda

Berikut ini akan diterangkan 2 buah contoh sederhana, meskipun ada banyak cara perhitungan frekuensi banjir yang menggunakan kurva kondisi aliran dan kurva kemungkinan.

- (1). Table 3.2. memperlihatkan banyaknya kejadian dan frekuensi relative akumulatif dari debit banjir maksimum 24 jam pada sebuah sungai selama 54 tahun.

Table 3.2. kolom 1 menunjukkan besarnya debit banjir, kolom 2 menunjukkan banyaknya kejadian debit banjir maksimum 24 jam itu selama 54 tahun, dan kolom 3 menunjukkan akumulasi banyaknya kejadian pada kolom 2, yakni banyaknya kejadian debit banjir yang lebih besar dari harga bawah interval pada kolom 1. kolom 4 menunjukkan frekuensi relative akumulatif dari kolom 3. gambar 3.1. memperlihatkan hubungan antara persentasi pada kolom 4 dengan harga bawah interval pada kolom 1.

Jika persentasi itu kecil maka pembacaan debit yang tepat yang sesuai dengan persentasi itu adalah sulit. Jika data itu digambarkan pada kertas logaritmis yang menjadi seperti kurva kemungkinan pada gambar 3.2, maka kirva itu dapat diperpanjang sampai ke bagian persentasi yang kecil sehingga pembacaan menjadi sangat mudah.

Ahli-ahli yang menyarankan cara kemungkinan untuk mempelajari banjir mengemukakan, bahwa jika hanya kurva kemungkinan itu yang ada, maka debit banjir yang terjadi sekali dalam 1000 tahun masih juga dapat diperoleh (ditentukan). Umpamanya dalam gambar 3.2. terlihat bahwa selama perioda pengamatan 54 tahun, telah terjadi 153 kali banjir atau rata-rata 2,83 kali dalam setahun. Jadi dalam 1000 tahun akan terjadi banjir sebanyak 2.830 kali. Debit banjir maksimum yang diharapkan dapat terjadi dalam perioda ini adalah debit yang sesuai dengan persentasi kejadiannya, yakni $(100/2.830)\%$ atau 0,035 %. Menurut gambar 3.2. debit banjir yang sesuai dengan persentasi ini adalah 107.000 cts.

- (2). Batas penggunaan cara kemungkinan
Dalam (1) diterangkan, debit banjir maksimum yang diharapkan terjadi sekali dalam 1000 tahun telah diperkirakan berdasarkan data pengamatan selama 54 tahun. Akan tetapi dalam penggunaan cara ini maka adalah sangat penting untuk mengetahui besarnya kesalahan yang mungkin (probable error) yang termasuk dalam hasil yang didapat dan berapa banyak contoh / kumpulan bebas (independent samples) yang diperlukan untuk penterapan cara kemungkinan tanpa ada kesalahan.

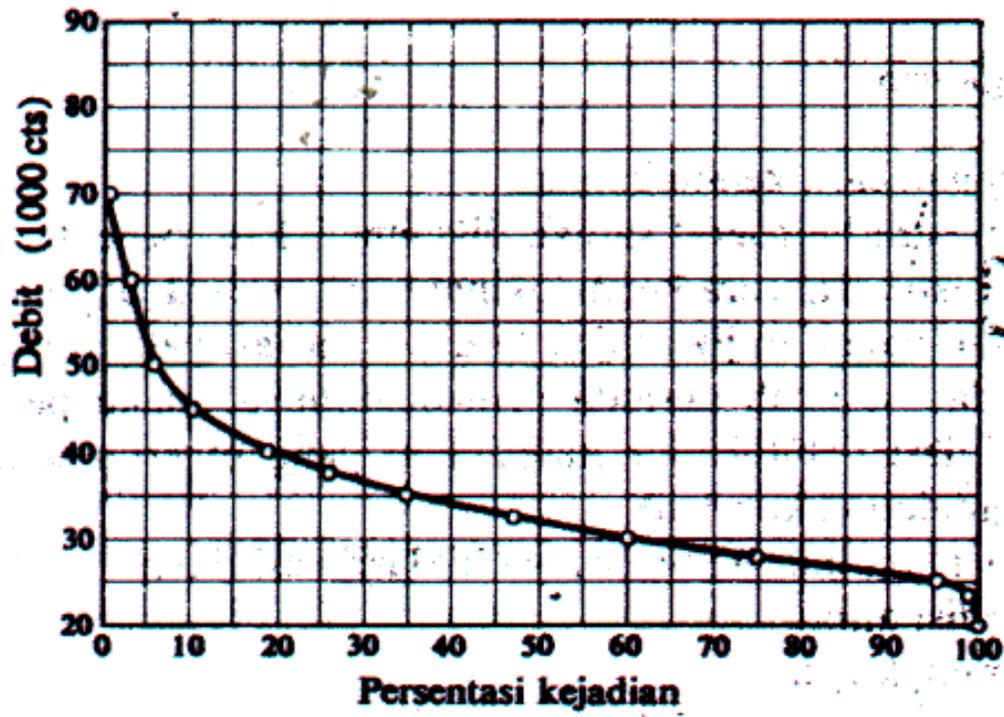
Perhitungan harga sesuatu variable yang terjadi dalam suatu kemungkinan tertentu, akan lebih tepat jika menggunakan contoh-contoh yang lebih banyak. Umpamanya jika hanya terdapat data selama 10 tahun yang dapat digunakan dalam perhitungan debit banjir maksimum yang diharapkan terjadi sekali setiap 10 tahun, maka kesalahan yang termasuk dalam hasil perhitungan adalah besar karena hanya terdapat satu contoh bebas. Di lain pihak jika perhitungan yang sama itu dilakukan dengan menggunakan 100 tahun data, maka mengingat banjir yang terjadi sekali setiap 10 tahun telah termasuk dalam ke sepuluh contoh itu, kesalahan yang mungkin akan menjadi sangat kecil karena telah menggunakan contoh yang lebih sebagai dasar penilaian. Sebaliknya jika hanya terdapat 50 tahun data yang dapat digunakan untuk menghitung debit banjir maksimum yang diharapkan terjadi sekali setiap 100 tahun, maka kesalahan yang mungkin itu akan sangat besar yang dapat mencapai beberapa ratus persen karena contoh lengkap yang diperlukan tidak terpenuhi. Seperti

telah dikemukakan di atas, makin banyak contoh yang ada, makin tinggi ketelitian kemungkinan itu. Akan tetapi menurut perkiraan, untuk menghitung debit banjir yang diharapkan dari sebuah sungai, diperlukan paling sedikit 10 contoh bebas (independent samples).

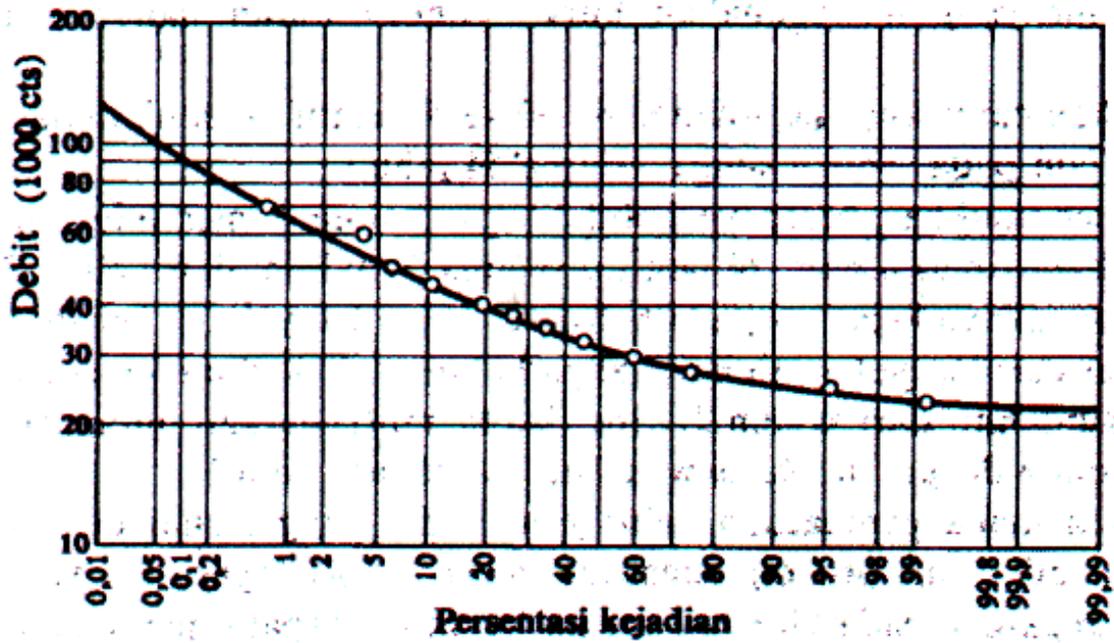
Berdasarkan hal ini, maka untuk menghitung debit banjir yang terjadi sekali setahun, sekali dalam 3 tahun atau 5 tahun diterapkan cara statistic atau cara kemungkinan, dengan menggunakan data selama 50 tahun. Jadi perluasan perhitungan seperti perhitungan debit banjir yang terjadi sekali setiap 1000 tahun dengan menggunakan data 50 tahun dan seterusnya adalah salah karena harus dipahami bahwa dapat terjadi kesalahan yang ekstrim.

Tabel 3.2. Banyaknya kejadian setiap derajat dan frekuensi relative akumulatif debit banjir maksimum 24 jam

①	②	③	④	⑤
Puncak-banjir.	Banyaknya-kejadian	Banyaknya kejadian-akumulatif.	Persentasi-dari banyaknya kejadian akumulatif.	Catatan
1.000 cts			(%)	
20,9—22,9	1	153	100,0	Arti cts = ft ³ /det
23,0—24,9	6	152	99,3	
25,0—27,4	31	146	95,4	
27,5—29,9	23	115	75,1	
30,0—32,4	20	92	60,1	
32,5—34,9	19	72	47,0	
35,0—37,4	13	53	34,6	
37,5—39,9	11	40	26,1	
40,0—44,9	13	29	19,0	
45,0—49,9	7	16	10,5	
50,0—59,9	3	9	5,9	
60,0—69,9	5	6	3,5	
70,0—88,2	1	1	0,65	
Jumlah	153			



Gambar 3.1. Frekuensi banjir berdasarkan kurva kondisi aliran (contoh)



Gambar 3.2. Frekuensi banjir berdasarkan kurva kemungkinan (contoh)

3.2. CARA STATISTIK DAN ATAU KEMUNGKINAN

Perhitungan frekuensi banjir dengan cara kemungkinan.

Sebelum analisa limpasan secara hidrograf satuan dikembangkan, penelitian banjir telah dilakukan dengan cara statistik dan cara kemungkinan yang banyak digunakan orang.

Jika terdapat cukup data dan jika tidak terdapat variasi yang besar dari kondisi aliran sungai yang ada sebelum dan sesudah periode pengamatan, maka perhitungan dengan cara kemungkinan dari debit banjir maksimum yang diperkirakan terjadi dengan frekuensi yang tetap adalah cukup.

Ada dua cara perkiraan debit maksimum dan frekuensinya diklasifikasikan dalam

- a. Perkiraan dengan kurva kondisi aliran
- b. Perkiraan dengan kurva kemungkinan

3.3. HIDROGRAF SATUAN DAN GRAFIK DIDTRIBUSI

Dalam tahun 1932, Dr. L.K. Sherman menyarankan cara hidrograf satuan yakni suatu cara untuk memperoleh hidrograf limpasan dari permukaan curah hujan lebih.

Cara hidrograf satuan ini beserta cara grafik distribusi yang dikemukakan oleh Dr. M.M. Bernard adalah cara yang sangat berguna dan terbaik untuk perhitungan debit banjir.

3.4. DATA

3.4.1. Data Karakteristik DPS (Daerah Pengaliran Sungai)

Karakteristik DPS yang dibutuhkan dalam perhitungan debit Banjir :

- Karakteristik topografi DPS yaitu bentuk dan ukuran DPS, kemiringan lereng, umumnya ditentukan dari peta topographi skala 1:250.000 atau dalam hal khusus digunakan peta berukuran skala besar;
- Karakteristik geologi dan tanah DPS meliputi :
 - (1) Jenis batuan ;
 - (2) Penyebaran jenis batuan dan luas batuan ;
 - (3) Sifat fisik batuan ;
 - (4) Keseragaman jenis batuan;
 - (5) Tekstur dan struktur tanah.
- Karakteristik tataguna lahan, yaitu luas dan jenis tataguna tanah yang sangat berpengaruh terhadap koefisien aliran, kapasitas infiltrasi.

3.4.2. Data Hujan

Data hujan yang diperlukan dalam perhitungan ini, yaitu tinggi curah hujan, intensitas hujan, jaringan stasiun hujan dan periode pencatatan hujan.

3.4.3. Data Debit Sungai

Debit sungai yang diperlukan dalam perhitungan ini ialah data debit banjir tahunan dari berbagai tahun kejadian.

3.4.4. Metode

Untuk sistem drainase di daerah studi yang merupakan daerah perkotaan digunakan lengkung IDF dari Sherman. Data masukan berupa hujan durasi pendek di stasiun yang ada. Contoh lengkung IDF untuk kota Jakarta.

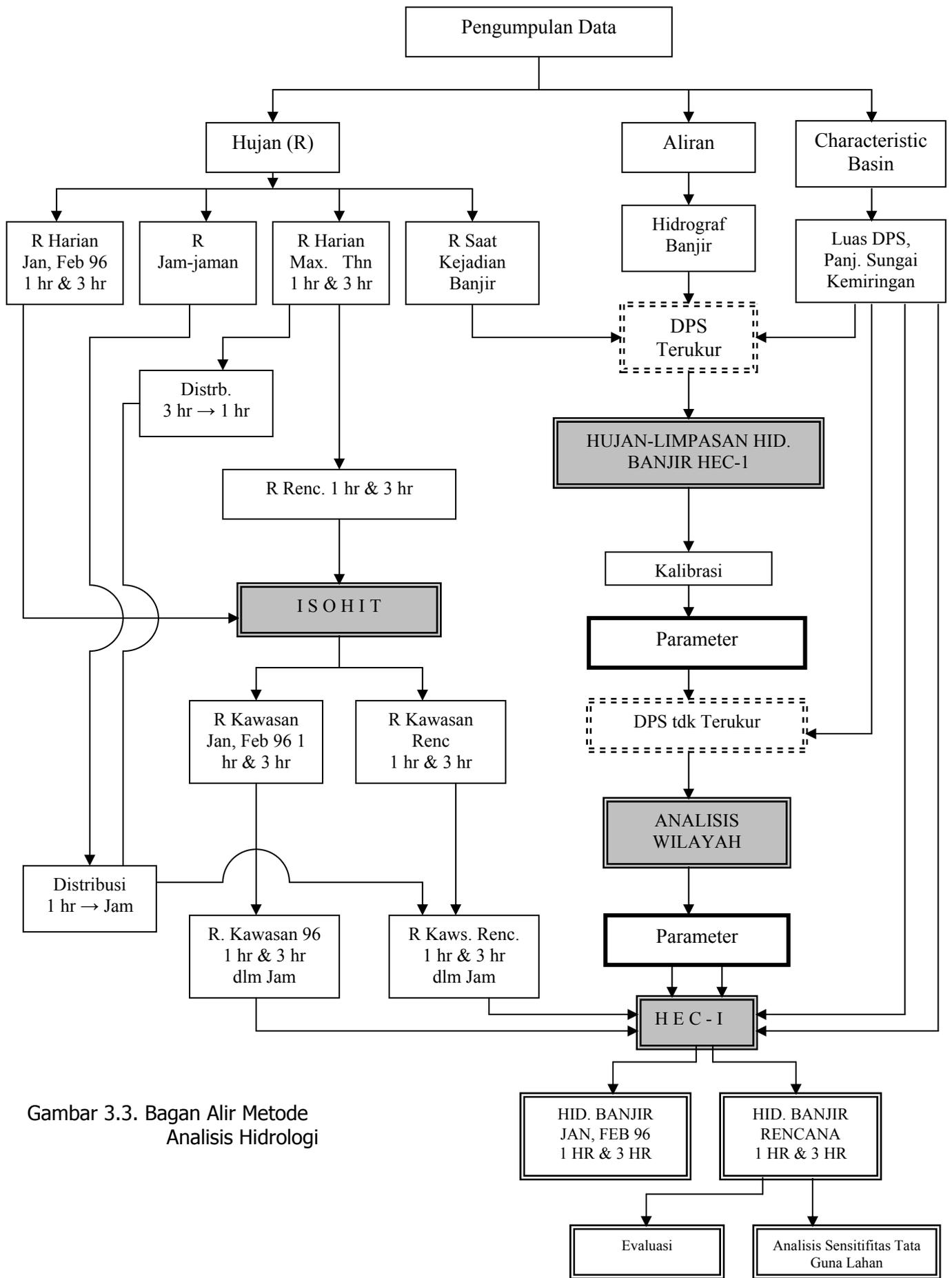
Analisis hidrologi untuk sungai-sungai yang melewati daerah studi digunakan pendekatan hubungan hujan-limpasan dengan salah satu model hidrograf banjir.

Lakukan kalibrasi untuk mendapatkan parameter-parameter, kemudian lakukan analisis di wilayah DPS yang tidak mempunyai data aliran.

Umumnya untuk mendisain banjir di Indonesia dasarnya dikembangkan dari Distribusi hujan "Chicago"

CONTOH PERHITUNGAN CURAH DEBIT BANJIR

Untuk analisis Hidrologi suatu kawasan yang di studi lihat gambar 3.1 (Bagan alir metode Analisis hidrologi)



Gambar 3.3. Bagan Alir Metode Analisis Hidrologi

3.5. CONTOH UNTUK LATIHAN : PERHITUNGAN DEBIT BANJIR

3.5.1. Koleksi data Curah Hujan

- Kumpulkan data curah hujan harian untuk 10 s/d 20 tahun
- Ambil satu nilai termaksimum dari data setiap tahun
- Buat urutan dari kecil ke besar
- Hitung rata-ratanya

3.5.2. Periode ulang dan intensitas curah hujan

TIPOLOGI KOTA	Daerah Tangkapan Air (HA)			
	< 10	10-100	101-500	> 500
• KOTA METROPOLITAN	2 TH	2-5 TH	5-10 TH	10 – 25 TH
• KOTA BESAR	2 TH	2-5 TH	2-5 TH	5 - 20 TH
• KOTA SEDANG	2 TH	2-5 TH	2-5 TH	5 - 10 TH
• KOTA KECIL	2 TH	2 TH	2 TH	2 - 5 TH

3.5.3. Rumus intensitas curah hujan

Intensitas curah hujan adalah hal yang penting paling tidak untuk perhitungan intensitas curah hujan, duration time disebut rumus curah hujan.

Rumus Curah Hujan

$$I = \frac{A}{t + b}$$

$$I = \frac{A}{(t + b)^n}$$

$$I = \frac{A}{T^N + b}$$

Tipe Talbot

Tipe Sherman

Tipe Cleveland

Dimana I adalah intensitas hujan rata-rata (mm/jam), waktu durasi (min) A, b dan N adalah konstanta.

Rumus tipe Talbot adalah yang paling sederhana dan pada umumnya digunakan untuk menghitung Saluran buangan .

1) Metode karakteristik koefisien

Pada metode ini semua kurva intensitas hujan diperoleh dengan mengalikan 60 menit kurva intensitas dan koefisien karakteristik .

$$I = \beta \cdot R$$

I : intensitas hujan (mm/jam)
R: curah hujan setiap jam (mm/jam)
β: Koefisien karakteristik

Tipe Talbot

$$I = a/(t + b)$$

masukkan $A = a' \cdot R$

$$I = a'/(t + b) \cdot R$$

$$\beta = a'/(t + b)$$

maka
dengan data 10 menit : $\beta = I_{10} / I_{60}$

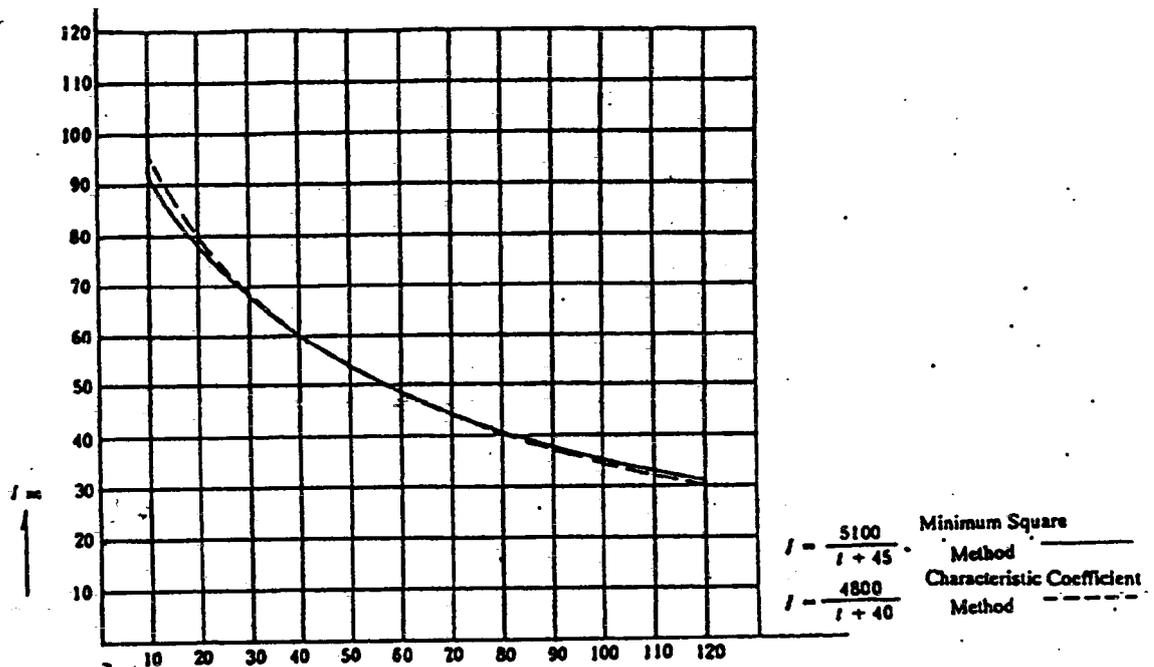
pada $t = 60$ $\beta = a' / (t + b) = a' / (60 + b) = 1$
yaitu $a' = 60 + b$
maka dari itu $\beta = (60 + b) / (t + b)$
 $\beta t + \beta b = 60 + b$
 $(\beta t + \beta b) = 60 + b$
 $(\beta - 1)b = 60 - \beta t$
 $b = (60 - \beta t) / (\beta - 1)$

masukkan $t = 10$ $b = (60 - 10\beta) / (\beta - 1)$

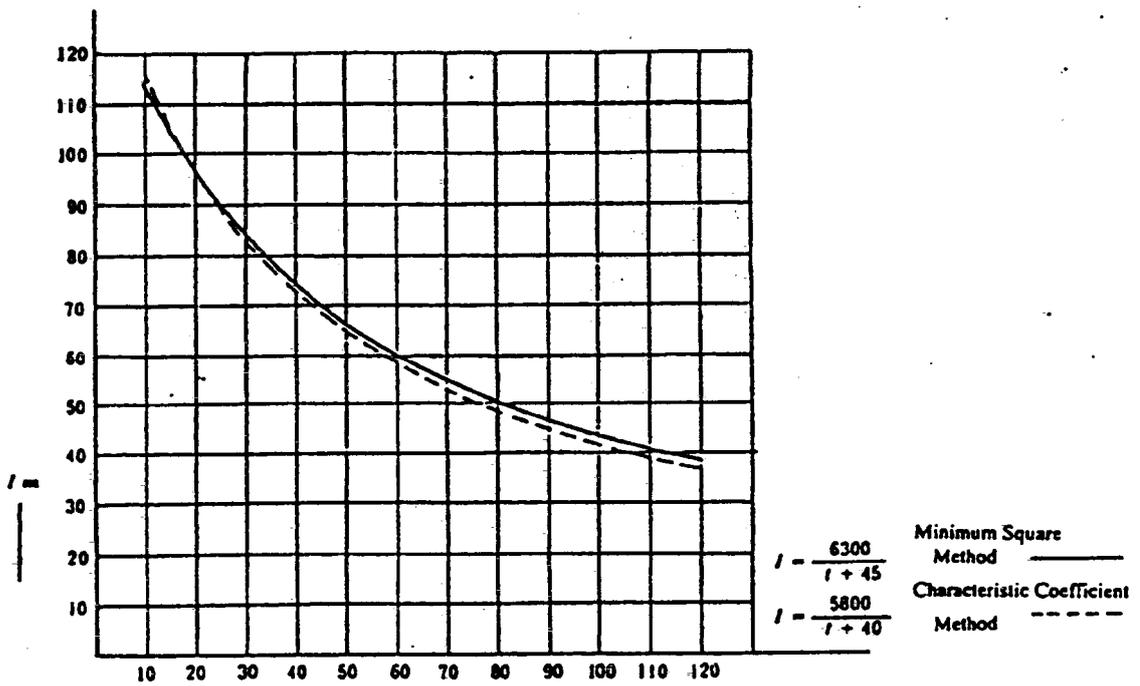
perhitungan dapat diselesaikan menggunakan data pada table 4.6

a. Kala ulang 5 tahun $\beta = I_{10} / I_{60} = 97/48 = 2$
 $b = (60 - 10\beta) / (\beta - 1) = 60 - 10 \times 2 / (2 - 1) = 40$
 $a' = 60 + b = 60 + 40 = 100$
 $a = a' . R = 100.48 = 4,800$
 $I = 4,800 / (t + 40)$
 yaitu

b. Kala ulang 10 tahun : $\beta = I_{10} / I_{60} = 97/48 = 2$
 $b = (60 - 10\beta) / (\beta - 1) = 60 - 10 \times 2 / (2 - 1) = 40$
 $a' = 60 + b = 60 + 40 = 100$
 $a = a' . R = 100.58 = 5,800$
 $I = 5,800 / (t + 40)$
 yaitu



Gambar 3-4 : Intensitas hujan untuk kala ulang 5 tahun



Gambar 3.5. Intensitas hujan untuk kala ulang 10 Tahun

3.5.4. PERHITUNGAN DEBIT BANJIR

Perencanaan debit banjir adalah dasar perhitungan dari semua sarana atau fasilitas pengendali banjir (saluran-saluran,pintu,pintu air,bangunan air lainnya)

Pada prinsipnya perencanaan drainase ini harus dihitung dengan methoda rasional atau dengan metoda yang menggunakan program computer. Tetapi dalam hal ini dalam prinsipnya peserta di minta untuk mengghitung secara manual dengan menggunakan rumus – rumus rasional .

1) Mekanisme dari limpasan (run - off)

Asumsikan daerah drainase yang akan direncanakan dengan koefisien run-off "C" ,luas "A" waktu konsentrasi "T" .Bagi luas menjadi potongan n dari aliran waktu yang sama,masing-masing aliran waktu ($t = T/n$) dan luas adalah

$$\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta A_3 \dots\dots\dots\Delta A_n$$

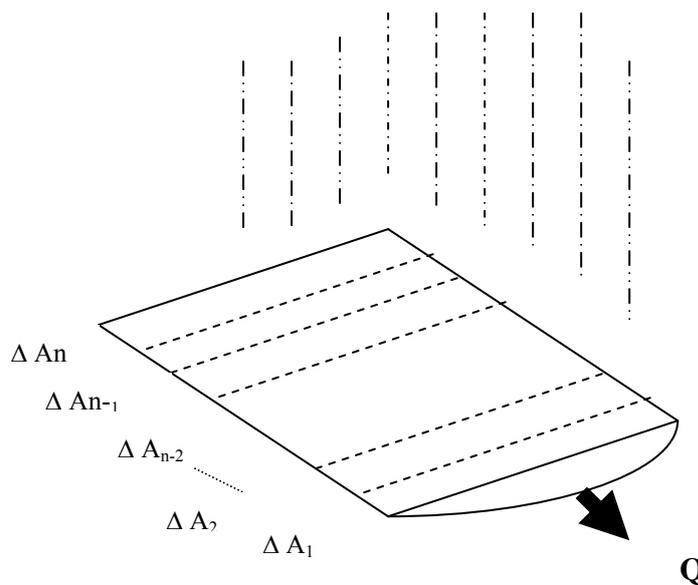
Dalam hal terjadi hujan Intensitas hujan rata-rata adalah " I "

Alira t menit pertama dihitung $Q_1 = C \times I_t \times \Delta A_1$

Kemuadian 2t menit dihitung $Q_{2t} = C \times I_{2t} \times (\Delta A_1 + \Delta A_1)$

T = nt menit aliran adalah $Q_T = C \times I_T \times (\Delta A_1, \Delta A_2 ,\dots\dots \Delta A_n)$

Perhatikan bahwa intensitas hujan berkurang dengan bertambahnya waktu durasi



Gambar 3.6 Area Drainase yang diasumsi

2) Metode Rasional

Dalam metoda rasional ,run-off berkaitan dengan intensitas curah hujan dengan rumus

$$Q = \frac{1}{360} C I A$$

Dimana Q adalah run-off puncak dalam m³/det , "C" adalah koefisien yang tergantung kepada karakteristik area drainase .," I" adalah intensitas curah hujan rata-rata mm/jam , dan "A" adalah area drainase dalam Ha

Metode rasional berdasarakan asumsi berikut .

- 1) Laju puncak run-off adalah fungsi langsung dari intensitas curah hujan rata-rata selama waktu konsentrasi sampai ke titik sasaran.
- 2) Frekuensi dari puncak pengaliran adalah sama dengan frekuensi dari intensitas hujan rata-rata .
- 3) Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan agar run-off menjadi stabil dari tempat /bagian area drainase yang paling jauh ke titik sasaran.

Perhatikan bahwa waktu konsentrasi berdasarakan pada bagian yang paling jauh dalam waktu dan tidak selalu dalam jarak .Dalam metode rasional .intensitas hujan rata-rata tidak memiliki hubungan dengan dengan urutan waktu terhadap pola curah hujan yang sebenarnya selama badai .

3) Koefisien Run-off

Tidak selamanya air hujan mencapai saluran drainase ,ada yang menguap,meresap kedalam tanah (infiltrasi) atau tertunda .laju dari puncak run-off hujan deras terhadap intensitas curah hujan disebut " Koefisien Run-off)" dan disingkat umumnya " C " .

Koefisien run-off tergantung pada cirri-ciri geografis,cirri-ciri geologi dan kondisi permukaan tanah .Nilai dasar dari koefisien run-off diperlihatkan pada table 4.11

Tabel 3.3. Nilai Dasar Dari Koefisien Run - off

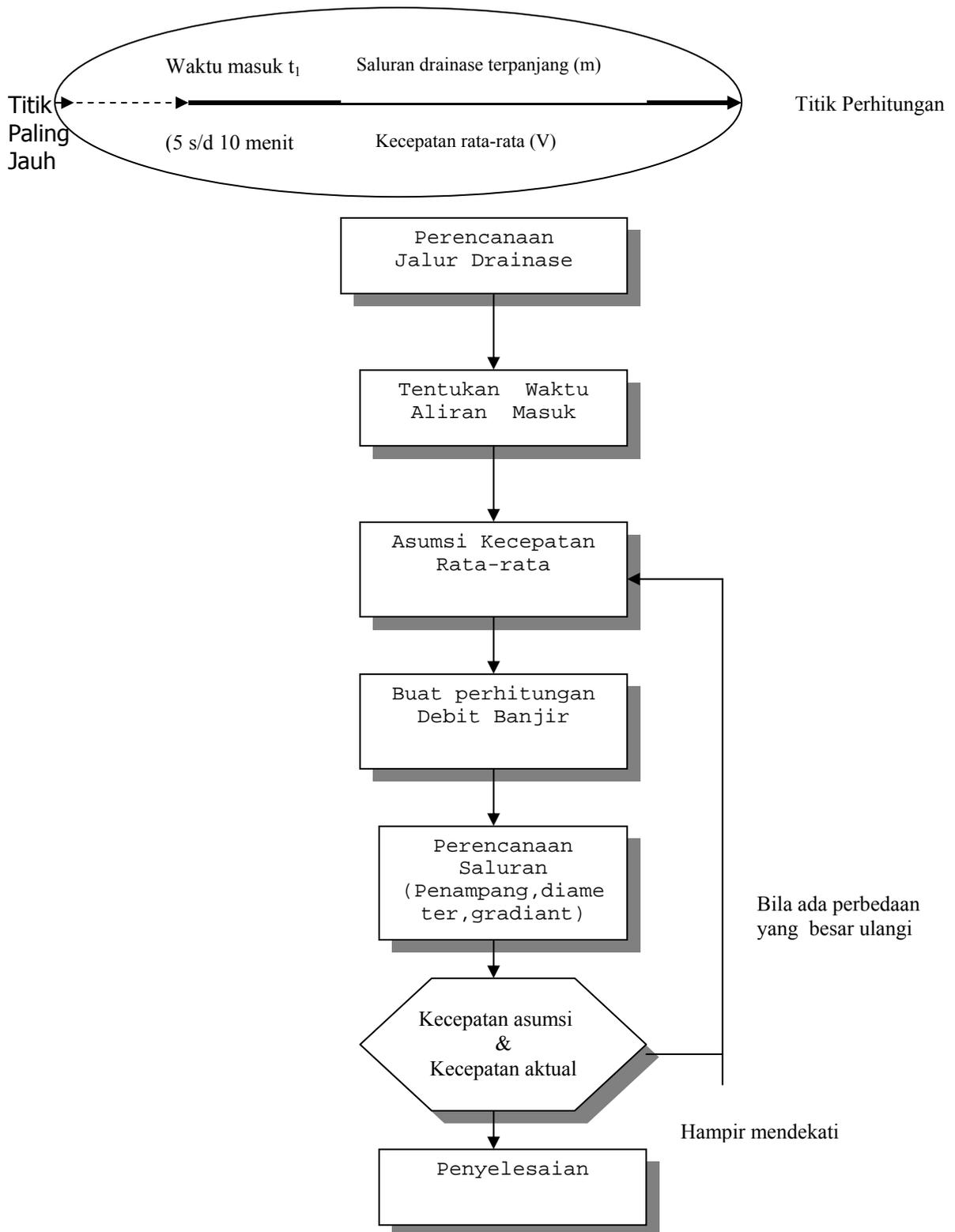
Gambaran daerah	Koefisien limpasan (Run-off)	Sifat Permukaan Tanah	Koefisien limpasan
Perdagangan		Jalan	
Daerah kota	0.70- 0.95	aspalt	0.70-0.95
Daerah dekat kota	0.70- 0.95	beton	0.80-0.95
Permukiman		Batu bata	0.70-0.85
Rumah tinggal terpecah	0.30- 0.50	Batu kerikil	0.15-0.35
Kompleks perumahan	0.40- 0.60	Jalan raya dan trotoar	0.70-0.85
Apartemen	0.50- 0.70	Atap	0.75-0.95
Industri		Lapangan rumput / tanah	
Industri ringan	0.50- 0.80	berpasir	
Industri berat	0.60- 0.90	Kemiringan 2%	0.05-0.10
Taman,pekuburan	0.10- 0.25	Rata-rata 2-7 %	0.10-0.15
Lapangan bermain	0.10- 0.25	Curam 7%	0.15-0.20
Daerah halaman KA	0.20- 0.40	Lapangan rumput ,tanah	
Daerah tidak terawat	0.10- 0.30	Keras	
		Kemiringan 2%	0.13-0.17
		Rata-rata 2-7 %	0.18-0.22
		Curam 7%	0.25-0.35

Sumber : " Urban Drainage guidelines and technical design Standards "

Koefisien run-off yang konfrehensif ,diperkirakan berdasarkan pada koefisien dasar run-off,digunakan untuk perencanaan drainase atau sewerage. Konfrehensif run-off koefisien diperkirakan dengan persamaan berikut.

$$C = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

- C : koefisien run-off konfrehensif
 Ci : Koefisien run-off dasar
 A : area untuk setiap katagori



Gambar 3.7. Kecepatan yang diasumsi dan Kecepatan Aktual

Perhitungan dengan metode Rational menggunakan program Ind-rat wq1