

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Curah Hujan

Dalam studi perencanaan sistem drainase runway Bandar Udara Abdulrachman Saleh, data curah hujan yang dipergunakan berasal dari tiga stasiun pengamatan yaitu BMG Bandar Udara Abdulrachman Saleh, Stasiun Hujan Tumpang, dan Stasiun Hujan Abdulrachman Saleh.

Data yang digunakan adalah selama 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2009.

Tabel 4.1 Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

No	Tanggal	Stasiun	Tahun	Curah hujan Maks (mm)
1	22 Nopember	Karangploso	2000	141
2	10 Desember	Abd Saleh	2001	145
3	2 Desember	Karangploso	2002	138
4	6 Februari	Tumpang	2003	140
5	26 Maret	Abd Saleh	2004	150
6	9 Maret	Abd Saleh	2005	153
7	4 April	Tumpang	2006	140
8	8 Januari	Karangploso	2007	127
9	17 Desember	Tumpang	2008	145
10	2 Februari	Tumpang	2009	190

Sumber : BMG Bandar Udara Abdulrachman Saleh, Stasiun Hujan Tumpang, Stasiun Hujan Karangploso

4.2. Pemilihan Distribusi Frekuensi (Analisis Frekuensi)

Untuk mendapatkan suatu distribusi frekuensi dengan data yang tersedia untuk perhitungan curah hujan rancangan, maka perlu ikaji terlebih dahulu persyaratannya.

Adapun persyaratannya adalah : (Sri Harto 1993 : 179)

- Untuk menentukan jenis analisis frekuensi yang dipakai, harus dihitung terlebih dahulu parameter tatistiknya, yaitu koefisien kepengcengan (C_s) dan koefisien kepuncakan (C_k)
- Rumus menentukan koefisien kepengcengan (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) S^3}$$

- Rumus menentukan koefisien kepuncakan (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) S^4}$$

- Rumus menentukan standar deviasi/simpangan baku (S_i)

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \log \bar{X})^2}{n-1}}$$

dimana : n = Jumlah data
 Xi = Data curah hujan (mm)
 $\bar{X}$ = data rata-rata curah hujan (mm)
 Si = simpangan baku

Dalam Pilgrim 1991 : 207, disyaratkan :

- Untuk Gumbel : $C_k = 5,4$ dan $C_s = 1,14$
- Untuk Log Normal : $C_s = 0$ dan $C_k = 3$
- Untuk Log Pearson Tipe III : C_k dan C_s bebas

Perhitungan nilai C_s dan C_k dijabarkan secara rinci pada table 4.2 sebagai berikut:

- Jumlah data (n) = 10
- Rata-rata data curah hujan

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} = \frac{1469}{10} = 146.9mm$$

- Nilai standar deviasi/simpangan baku

$$Si = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2516.9}{9}} = 16.7229$$

- Nilai koefisien kepencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Si^3} = \frac{(10)(70858.08)}{(9)(8)(440.7)^3} = 2.104$$

- Nilai koefisien kepuncakan (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{(10)^2 \times (3621061)}{(9)(8)(7)(440.7)^4} = 0.0001904$$

Tabel 4.2 Perhitungan Nilai Cs dan Ck

No	Tahun	Hujan Maks Xi (mm)	(Xi-X) (mm)	(Xi-X) ² (mm ²)	(Xi-X) ³ (mm ³)	(Xi-X) ⁴ (mm ⁴)
1	2000	141	-5.9	34.81	-205.379	1211.736
2	2001	145	-1.9	3.61	-6.859	13.0321
3	2002	138	-8.9	79.21	-704.969	6274.224
4	2003	140	-6.9	47.61	-328.509	2266.712
5	2004	150	3.1	9.61	29.791	92.3521
6	2005	153	6.1	37.21	226.981	1384.584
7	2006	140	-6.9	47.61	-328.509	2266.712
8	2007	127	-19.9	396.01	-7880.6	156823.9
9	2008	145	-1.9	3.61	-6.859	13.0321
10	2009	190	43.1	1857.61	80062.99	3450715
Σ		1469		2516.9	70858.08	3621061

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai Cs dan Ck tidak mendekati kedua persyaratan Gumbel dan Log Normal, maka dapat disimpulkan bahwa distribusi frekuensi yang cocok untuk digunakan dalam perhitungan curah hujan rancangan adalah distribusi Log Pearson Tipe III.

4.3. Curah Hujan Rancangan

Dalam studi ini analisis hujan rancangan menggunakan metode distribusi Log Pearson Tipe III, dengan alasan bahwa cara ini dapat dipakai untuk semua macam sebaran data, atau dengan kata lain bahwa ketentuan mengenai besarnya harga parameter-parameter statistik yaitu koefisien kepengcengan (Cs) dan koefisien kepuncakan (Ck).

Disebut dengan Log Pearson Tipe III, karena distribusi ini memperhitungkan tiga parameter, yaitu:

1. Standar deviasi/simpangan baku.
2. Rerata (mean)
3. Koefisien kepengcengan (Cs)

Adapun tahapan pengerjaan analisis frekuensi dengan menggunakan metode Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan harian maksimum tahunan sebanyak (n) tahun diubah kedalam bentuk logaritma. Hasil langkah ini dapat dilihat pada tabel 4.3.
2. Menghitung harga logaritma rata-rata dengan rumus :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} = \frac{21,64743}{10} = 2,16474$$

3. Menghitung harga logaritma rata-rata dengan rumus :

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,01886}{9}} = 0,045777$$

4. Menghitung harga koefisien kepengcengan dengan rumus :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S_i^3} = \frac{(10)(0,001104)}{(9)(8)(440,7)^3} = 0,00$$

5. Menghitung logaritma hujan rancangan dengan kala ulang tertentu dengan rumus

$$\begin{aligned} \text{Log} X &= \overline{\text{Log} X} + G.S_i \\ &= 2,16474 + 1,282.0,045777 \\ &= 2,2234 \end{aligned}$$

Harga G didapatkan dari hubungan harga Cs dan tingkat probabilitasnya (10 tahun), ditunjukkan pada table 2.1 dan 2.2.

6. Menghitung anti Log X untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan periode ulang yang dikehendaki dari X_T .

$$\begin{aligned} X_T &= \text{anti log } X \\ &= \text{anti Log } (2,22342) \\ &= 167,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang 10 tahun = 167,27 mm

$$R_{24} (\text{kala ulang 5 tahun}) = 155,238 \text{ mm}$$

Tabel 4.3 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

No	Tahun	Hujan Maks Xi (mm)	Log Xi (mm)	$(\text{Log Xi} - \text{Log X})^2$	$(\text{Log Xi} - \text{Log X})^3$
1	2000	141	2.149219113	0.000316936	-5.6423E-06
2	2001	145	2.161368002	3.19654E-05	-1.80726E-07
3	2002	138	2.139879086	0.000736727	-1.99968E-05
4	2003	140	2.146128036	0.000436549	-9.12115E-06
5	2004	150	2.176091259	8.22552E-05	7.4601E-07
6	2005	153	2.184691431	0.000312216	5.51674E-06
7	2006	140	2.146128036	0.000436549	-9.12115E-06
8	2007	127	2.103803721	0.003996525	-0.000252653
9	2008	145	2.161368002	3.19654E-05	-1.80726E-07
10	2009	190	2.278753601	0.012483996	0.001394859
Σ		1469	21.64743029	0.018865684	0.001104227

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 Curah Hujan Rancangan dengan Log Pearson Tipe III

Kala Ulang (Tahun)	Cs	Log X	G	S _i	Log X _T	X _T (mm)
10	0,00	2,16474	1,282	0,045777	2,22342	167,27

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4. Uji Distribusi Frekuensi

Dalam hal ini, digunakan uji smirnov Kolmogorov untuk menguji simpangan arah horisontal dan uji Chi Square untuk menghitung simpangan arah vertikal.

4.4.1. Uji Smirnov Kolmogorov

Langkah-langkah perhitungan dalam uji Smirnov-Kolmogorov:

1. Data disusun berurutan dari kecil ke besar.

Menghitung peluang dengan persamaan Weibull:

$$P = \frac{m}{(n+1)} \times 100\%$$

Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada table 4.7

2. Dari perhitungan peluang empiris Weibull, diplotkan pada kertas probabilitas, selanjutnya dibuat garis dan harga curah hujan diproyeksikan pada harga peluang sumbu x. Plot data dapat dilihat pada gambar 4.1
3. Menggambarkan persamaan garis durasi pada probabilitas.
4. Hitung perbedaan harga peluang empiris dengan peluang teoritis mulai tahun pertama sampai tahun terakhir, dicari perbedaan yang besar

Dalam hal ini didapatkan nilai Δ_{max} yaitu

5. Bandingkanlah perbedaan terbesar dari perbedaan selisih (Δ_{max}) dengan (Δ_{cr}) dari tabel 2.3 Harga Smirnov-Kolmogorov.

Dalam tabel 2.3 didapatkan harga Δ_{cr} . Harga Δ_{cr} ini diperoleh dengan mengambil level of significant sebesar 5% dan jumlah data (n) sebanyak 10. Sehingga dari tabel 2.3 didapatkan harga Δ_{cr} sebesar 0,41 atau 41%

Karena $\Delta_{\max} < \Delta_{\text{cr}}$, yaitu $15,7\% < 41\%$

maka dapat disimpulkan bahwa data curah hujan maksimum tahunan yang di analisa sesuai dengan distribusi Log Pearson Tipe III.

Contoh Perhitungan menentukan P teoritis dan $\Delta_{\max}$ pada tabel 4.7

1. Dalam perhitungan sebelumnya, telah didapatkan harga rata-rata, standard deviasi dan koefisien kepengcengan, dimana :

$$\overline{\text{Log}X} = 2,16474$$

$$S_i = 0,04577$$

$$C_s = 0,00$$

2. Menentukan harga G, dimana :

$$G = \frac{\text{Log}X - \overline{\text{Log}X}}{S_i} = \frac{2,2234 - 2,16474}{0,04577} = 1,2816$$

3. Setelah itu ditentukan nilai probabilitasnya, dengan menggunakan tabel agihan frekuensi untuk Log Pearson Tipe III.

Untuk nilai $C_s = -0,0008$ dan nilai $G = -2,1646$, didapatkan nilai $P_i = 98,0490\%$

Perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4,5 dan 4,6.

4. Nilai P teoritis didapatkan dengan rumus $P_t = 1 - P_i$

$$P_t = 100\% - 98,751\% = 10,249\%$$

5. Untuk mendapatkan nilai Δ dilakukan dengan mengurangi P_e dan P_t Δ yang terbesar dari 10 macam data merupakan $\Delta_{\max}$ yang akan dibandingkan dengan Δ_{cr} .

Perhitungan nilai G dengan interpolasi :

$$\frac{B - A}{B - C} = \frac{D - F}{D - E} \rightarrow F = D - \frac{(B - A)(D - E)}{(B - C)}$$

Tabel 4.6 Perhitungan Nilai Pi (%)

G	Range G		Range % Peluang		Pi (%)
A	B	C	D	E	F
-1.3376	-0.1645	-1.282	95	90	89.75123043
-0.536	-0.842	0	80	50	69.09738717
-0.3971	-0.842	0	80	50	64.14845606
-0.3971	-0.842	0	80	50	64.14845606
-0.32846	-0.842	0	80	50	61.70285036
-0.05848	-0.842	0	80	50	52.08361045
-0.05848	-0.842	0	80	50	52.08361045
0.2686	0	0.842	50	20	40.42992874
0.4598	0	0.842	50	20	33.6175772
2.55	2.326	2.576	2	1	1.104

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

No	X _i mm	Pe	Log Xi	G	Pi (%)	Pt	(Pe-Pt) (%)
1	127	9.090909	2.1038037	-1.33769509	89.751	10.249	-1.158090909
2	138	18.18182	2.1398791	-0.536020302	69.097	30.903	-12.72118182
3	140	27.27273	2.146128	-0.397154763	64.1484	35.8516	-8.578872727
4	140	36.36364	2.146128	-0.397154763	64.1484	35.8516	0.512036364
5	141	45.45455	2.1492191	-0.328464163	61.702	38.298	7.156545455
6	145	54.54545	2.161368	-0.058488839	52.083	47.917	6.628454545
7	145	63.63636	2.161368	-0.058488839	52.083	47.917	15.71936364
8	150	72.72727	2.1760913	0.268694646	40.4299	59.5701	13.15717273
9	153	81.81818	2.1846914	0.459809574	33.61757	66.38243	15.43575182
10	190	90.90909	2.2787536	2.550080021	1.104	98.896	-7.986909091

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.2. Uji Chi- Square

Langkah-langkah dalam perhitungan adalah :

1. Menghitung selisih curah hujan terbesar dan terkecil lalu dibagi dengan jumlah data. Setelah itu, dari data terkecil ditambahkan sampai didapatkan curah hujan yang terbesar.

Contoh perhitungan :

$$\frac{(190 - 127)}{10} = 6,3$$

$$127 + 6,3 = 133,3$$

Sehingga didapatkan data curah hujan : 127 – 133,3

2. Menghitung nilai yang diharapkan, X_e dan nilai yang diamati, X_t

Contoh perhitungan :

Dengan curah hujan antara 81,80 – 87,75 mm, nilai yang diamati 1 (X_t) dan nilai yang diharapkan 1 (X_e), dimana dalam data sebenarnya terdapat 4 buah data yaitu 84, 85, 40, 86, 10, dan 87,75 mm yang terletak diantara 81,80 – 87,75 mm.

3. Menghitung selisih harga dari ($X_e - X_t$) lalu dikuadratkan, kemudian dibagi dengan X_t . Selanjutnya semuanya dijumlahkan dari setiap titik (X_{hit}^2).

Contoh perhitungan :

$$\frac{(2 - 1)^2}{1} = 1$$

4. Menentukan harga X_{cr}^2 dari tabel Chi-Square (tabel 2.4)

Cara :

- Jumlah data (n) = 10
- Harga significant = 1%
- Derajat kebebasan (Dk) = $n - (P + 1)$
= 10 – (2 + 1)

$$= 7$$

Dengan : P = jumlah parameter, untuk distribusi Chi-Square P = 2

(Shahin, 1976 : 186)

- Dari tabel 2.4, didapatkan $X^2_{cr} = 24,322$

$$\text{Jadi } X^2_{cr} = 24,322$$

$$X^2_{hit} = 22$$

Karena nilai $X^2_{hit} < X^2_{cr}$, maka data curah hujan maksimum tahunan yang dianalisa sesuai dengan distribusi Log Pearson Tipe III.

Tabel 4.8 Perhitungan Uji Chi- Square

No	X_i (mm)	Data Curah Hujan	X_t	X_e	$\frac{(X_e - X_t)^2}{X_t}$
1	127	127 – 133,3	1	0	1
2	138	133,3 – 139,6	1	1	0
3	140	139,6 – 145,9	1	5	16
4	140	145,9 – 152,2	1	1	1
5	141	152,2 – 158,5	1	0	0
6	145	158,5 – 164,8	1	0	1
7	145	164,8 – 171,1	1	0	1
8	150	171,1 – 177,4	1	0	1
9	153	177,4 – 183,7	1	0	1
10	190	183,7 – 190,0	1	1	0
Σ			10	11	22

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5. Layout Sistem Drainase Lapangan Terbang

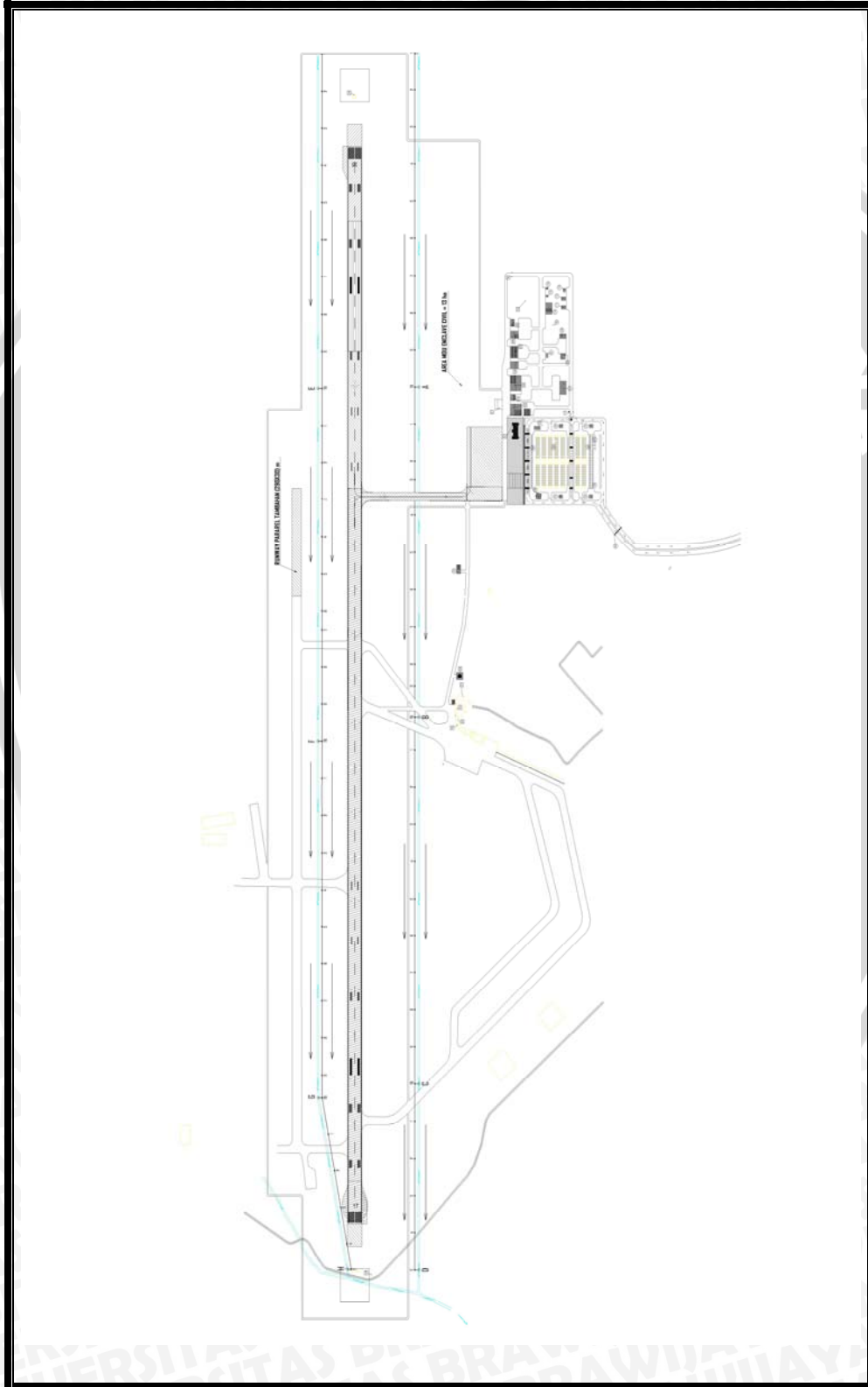
Tahapan awal dalam merencanakan sistem drainase lapangan terbang adalah menyiapkan denah rancangan, yang menunjukkan daerah/lokasi *runway-taxiway* dan instalasi bandar udara lainnya. Gambar denah juga mengidentifikasi bangunan-bangunan drainasi dan penomoran jaringan pipa yang berguna untuk memudahkan perhitungan dan pemilihan lokasi yang tepat untuk menempatkan saluran drainasi, *inlets* dan *shoulder*.

Bak pengumpul (*inlets*) ditempatkan sesuai dengan kebutuhan pada titik terendah dengan interval jarak antara 60 – 120 m. Letak bak pengumpul tergantung pada konfigurasi bandar udara dan rencana perataan tanah. *Inlets* ini terletak secara lateral pada *shoulder* dan berjarak sekitar 150 – 200 m dari pinggir landasan. Penempatan *inlets* yang terlalu dekat dengan landasan dapat menyebabkan penggenangan atau lapisan bawah menjadi jenuh air. Pada studi ini, Inlet ditempatkan pada jarak (max) 175 m dari tepi landasan dengan interval jarak 100 m. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa instalasi bandara militer yang sudah ada terlebih dahulu. Penempatan inlet dapat dilihat pada Gambar 4.2 – Gambar 4.4.

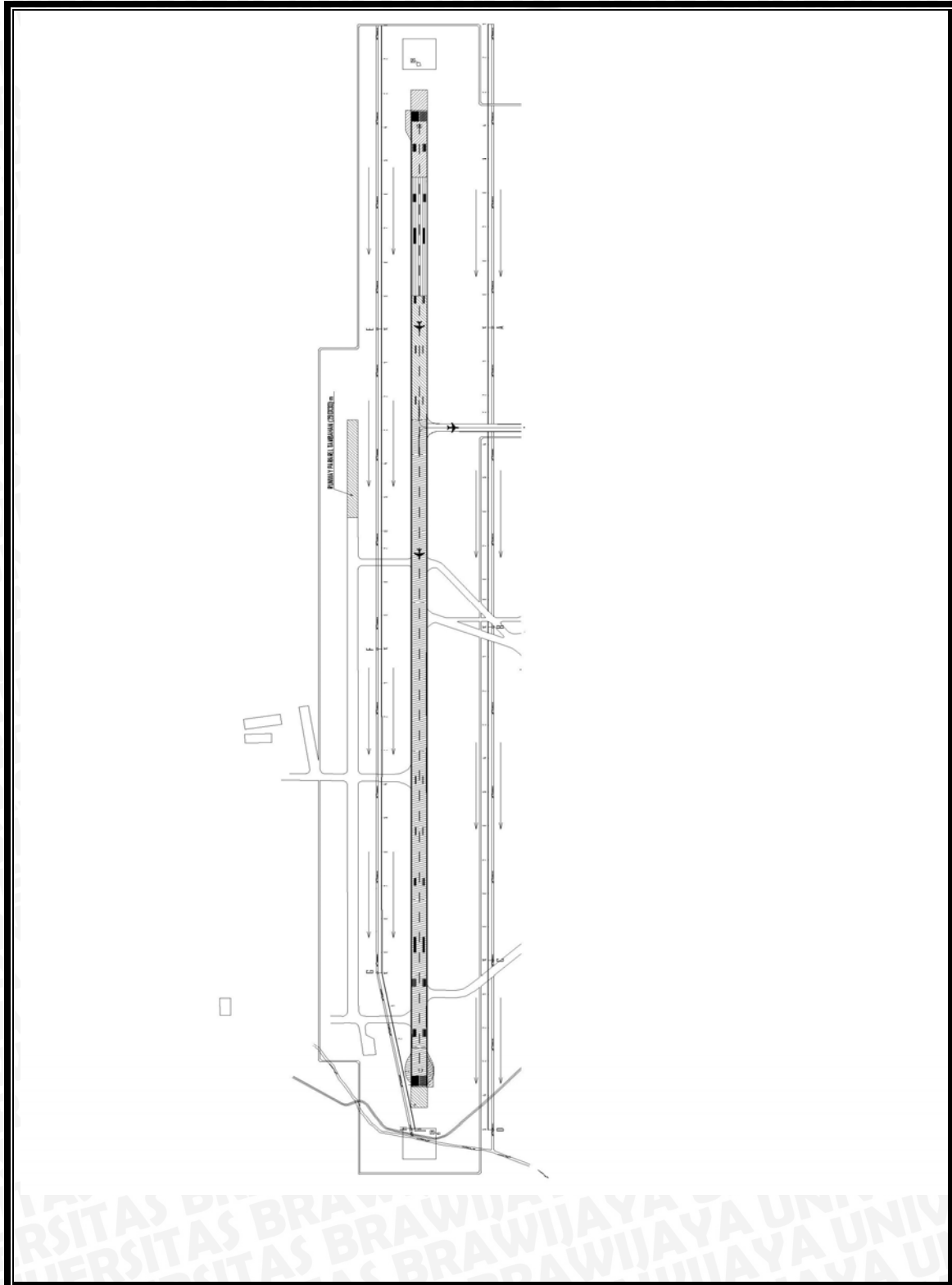
Sistem drainasi pada lapangan terbang Abdul Rachman Saleh sebagian besar adalah sistem drainasi permukaan (*surface drainage*) di mana air hujan yang turun di areal drainasi akan didrain sesuai dengan kondisi permukaan tanahnya. Pada sistem drainasi ini, air hujan yang turun akan masuk ke dalam tanah melalui:

- Inlet-inlet saluran drainasi yang berada di *shoulder area* sepanjang runway. Air akan dibawa melalui saluran pipa beton bawah tanah menuju *outlet* yang bermuara pada saluran permukaan (*surface drainage*). Air yang berada di dalam saluran permukaan (*surface drainage*) dialirkan ke sungai terdekat.
- Tanah terbuka dan lapangan rumput yang juga berfungsi sebagai daerah pengaman (*safety area*) bagi operasional landing dan take off pesawat terbang.

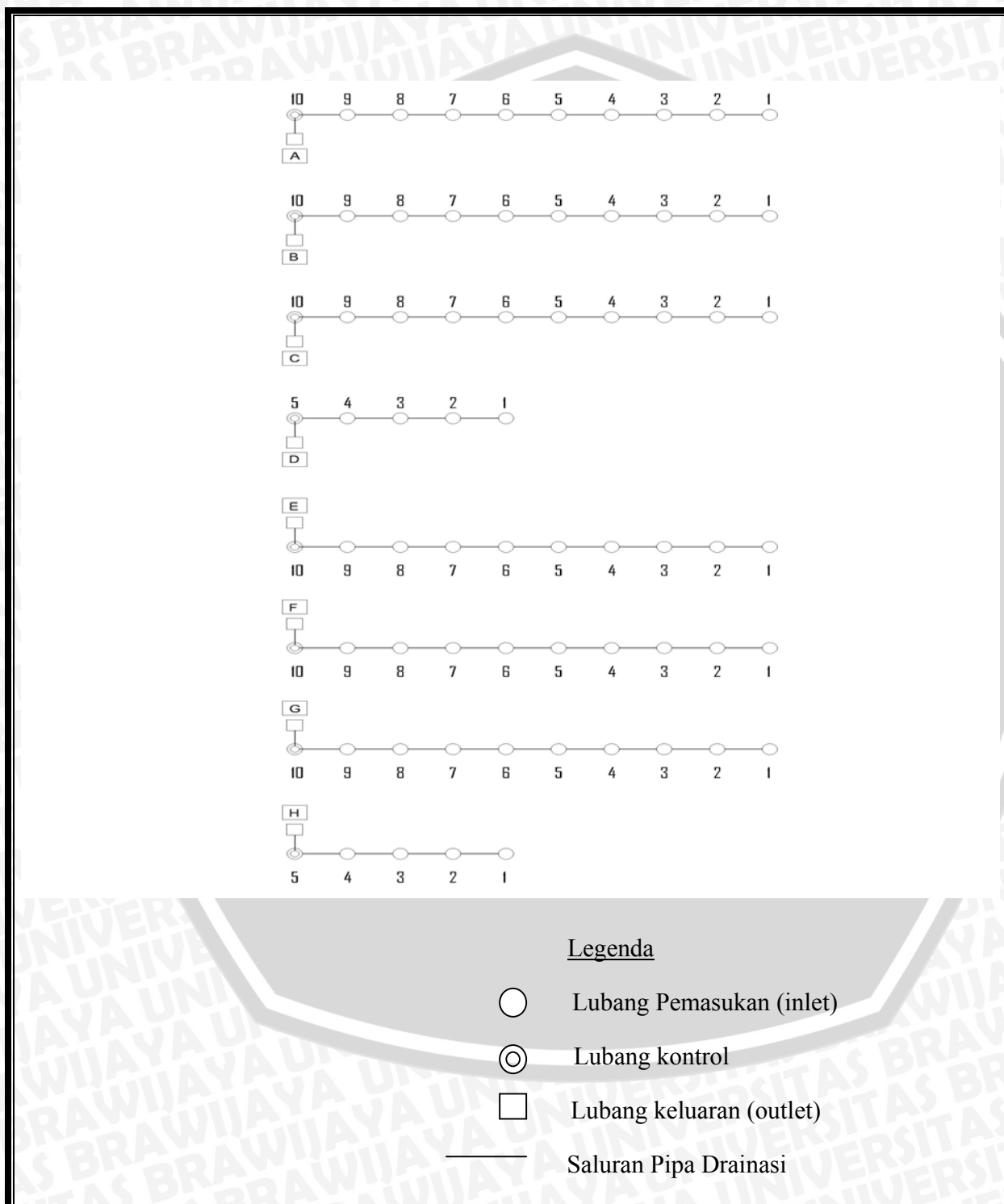
Gambar 4.1. Lay Out Bandar Udara Abdulrachman Saleh

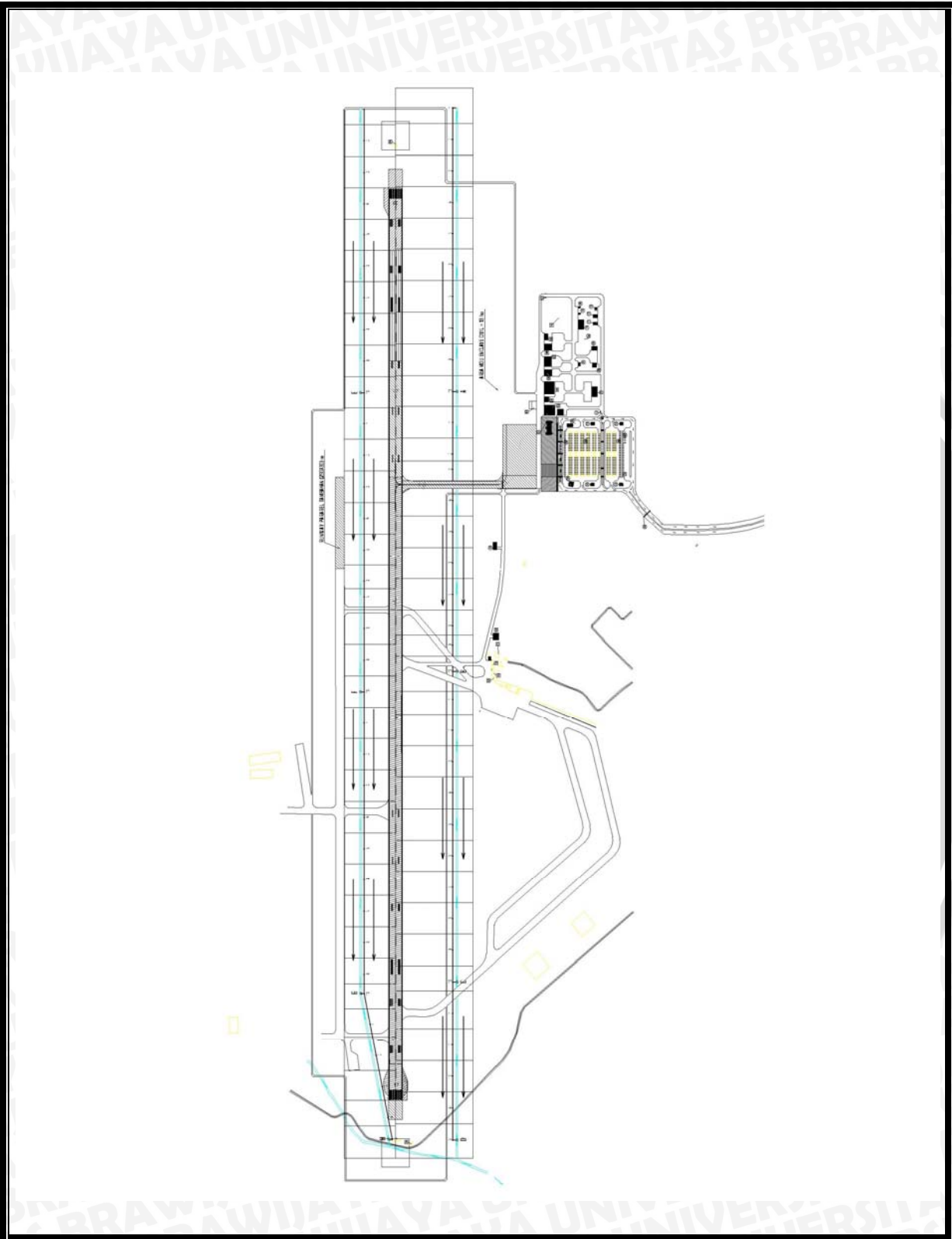


Gambar 4.2. Skema sistem drainase yang direncanakan pada Bandar Udara Abdulrachman Saleh



Gambar 4.3. Skema pembagian area limpasan air





Gambar 4.4. Skema jaringan drainasi bawah permukaan yang direncanakan

4.6 Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Metode yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan adalah Metode Rasional (Rasional Methode). Besarnya debit limpasan permukaan dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu koefisien limpasan, intensitas curah hujan dan luas areal yang akan didrainasi. Metode rasional dirumuskan (Persamaan 2 – 3):

$$Q = 0,278 C.I.A$$

dengan:

Q = debit limpasan (m^3/det)

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas areal drainasi (km^2)

Luas daerah pengaliran (*catchment area*) dimaksudkan sebagai daerah tempat curah hujan mengalir menuju saluran drainasi. Jika suatu areal aliran dilayani oleh beberapa saluran maka areal harus dibagi sesuai dengan arah aliran air menuju saluran yang bersangkutan. Pembagian luas areal air untuk saluran bawah permukaan ditunjukkan pada Tabel 4. , sedangkan untuk saluran permukaan ditunjukkan pada Tabel 4. Untuk lebih jelasnya pembagian luas daerah pengaliran ini dapat dilihat pada Lampiran 3.

Koefisien limpasan C untuk berbagai jenis permukaan dengan kala ulang tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.6. Untuk areal aliran yang terdiri dari berbagai tipe permukaan dengan karakteristik penyerapan air yang berbeda, koefisien limpasan dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2 - 14 .

Contoh perhitungan koefisien limpasan C untuk inlet nomor 6 pada outlet A, sebagai berikut:

$$A_1 = 23000 \text{ m}^2 \text{ (tipe permukaan rumput luas)}$$

$$A_2 = 2250 \text{ m}^2 \text{ (tipe permukaan perkerasan lentur)}$$

$$C_1 = 0.23 \text{ m}^2 \text{ (dari Tabel 2.6. dengan kala ulang 5 tahun)}$$

$$A_1 = 0.77 \text{ m}^2 \text{ (dari Tabel 2.6. dengan kala ulang 5 tahun)}$$

$$\text{maka : } C = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2}{A_1 + A_2}$$

$$C = \frac{23000 \times 0.23 + 2250 \times 0.77}{23000 + 2250} = 0,278$$

Untuk perhitungan koefisien limpasan lubang inlet lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Waktu konsentrasi terbagi atas dua komponen yaitu; waktu masuk dan waktu aliran. Waktu masuk dapat dihitung dengan rumus empiris yang dikembangkan oleh Corps of Engineers Amerika Serikat, ditunjukkan pada persamaan 2 – 16. Sedangkan waktu aliran dapat ditentukan dengan Persamaan 2 – 17.

Contoh perhitungan waktu masuk untuk inlet nomor 6 outlet A, sebagai berikut:

$$C = 0,77 \text{ (tipe permukaan perkerasan lentur)}$$

$$L = 22,5$$

$$S = 1,0 \%$$

$$\text{maka : } Ti = \frac{3,26 \cdot (1,1 - C) \cdot L^{1/2}}{S^{1/3}}$$

$$Ti = \frac{3,26 \cdot (1,1 - 0,77) \cdot 22,5^{1/2}}{60 \cdot 0,010^{1/3}} = 0,206 \text{ jam}$$

Contoh perhitungan waktu aliran untuk segmen jalur 6 – 7 outlet A, sebagai berikut:

$$L = 100 \text{ m}$$

$$V = 3,124 \text{ m/det}$$

$$\text{Maka : } T_f = \frac{L}{V} = \frac{100}{3600 \cdot 3,124} = 0,00889 \text{ jam}$$

Contoh perhitungan waktu konsentrasi T_c untuk inlet nomor 2 outlet A adalah sebagai berikut:

1. Untuk inlet nomor 1 waktu konsentrasi = waktu masuk yaitu 1,808 jam
2. Menghitung debit buangan, diameter pipa dan kecepatan aliran
3. Untuk inlet nomor 1 kecepatan aliran = 3,124 m/det
4. Dari Persamaan 2 – 17 dapat dihitung waktu aliran inlet nomor 1 yaitu 0,00889 jam
5. Maka waktu konsentrasi inlet nomor 2 = 1,808 + 0,00889 = 1,909 jam
6. Untuk inlet nomor 3 dan seterusnya ulangi langkah 2 – 5
7. Perhitungan lubang inlet lainnya ditunjukkan Tabel 4.9.

Untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi berdasarkan data curah hujan digunakan rumus Mononobe (Persamaan 2- 15).

Contoh perhitungan intensitas hujan I untuk inlet nomor 6 outlet A, sebagai berikut:

$$R_{24} = 155,238 \text{ mm (kala ulang 5 tahun)}$$

$$T_c = 1,903 \text{ jam}$$

$$\text{maka : } I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} = 35,039 \text{ mm/jam}$$

Untuk perhitungan intensitas hujan lubang inlet lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Contoh perhitungan debit limpasan Q untuk inlet nomor 6 outlet A, sebagai berikut:

$$C = 0,2782$$

$$I = 35,039 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,02525 \text{ km}^2$$

$$\text{maka : } Q = 0,278 \times 0,2782 \times 35,039 \times 0,02525$$

$$Q = 0,06845 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit limpasan ini kemudian dikumulatitkan untuk setiap outlet. Perhitungan debit limpasan lubang inlet lainnya dengan kala ulang 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.9. Perhitungan debit limpasan dengan kala ulang 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Untuk saluran permukaan, perhitungan debit limpasan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun ditunjukkan pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.



Tabel 4.9. Data luas areal aliran dan panjang saluran bawah permukaan untuk masing-masing outlet (Outlet A - D)

No	No	Luas Area Aliran Air (Km ²)					Jarak Tempuh Terjauh			Segmen	Panjang
Outlet	Inlet	Ke bak Pengumpul					Ke Bak Pengumpul			Jalur	(m)
		Rumput	Flexible.P	Rigid.P	Total	Subtotal	Rumput	Perkerasan	Total		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1	0,028716			0,028716	0,0287	187,5		187,5	1-2	100
	2	0,02525			0,02525	0,054	187,5		187,5	2-3	100
	3	0,02399	0,00126		0,02525	0,0792	165	22,5	187,5	3-4	100
	4	0,023	0,00225		0,02525	0,1045	165	22,5	187,5	4-5	100
	5	0,023	0,00225		0,02525	0,1297	165	22,5	187,5	5-6	100
	6	0,023	0,00225		0,02525	0,155	165	22,5	187,5	6-7	100
	7	0,023	0,00225		0,02525	0,1802	165	22,5	187,5	7-8	100
	8	0,023	0,00225		0,02525	0,2055	165	22,5	187,5	8-9	100
	9	0,023	0,00225		0,02525	0,2307	165	22,5	187,5	9-10	100
	10	0,023	0,00225		0,02525	0,256	165	22,5	187,5	10-A	12
B	1	0,023	0,00225		0,02525	0,0253	165	22,5	187,5	1-2	100
	2	0,016865	0,00165		0,018515	0,0438	165	22,5	187,5	2-3	50
	3	0,014125	0,00443		0,018558	0,0623	165	22,5	187,5	3-4	100
	4	0,020076	0,00512		0,025199	0,0875	165	22,5	187,5	4-5	100
	5	0,023	0,00225		0,02525	0,1128	165	22,5	187,5	5-6	100
	6	0,023	0,00225		0,02525	0,138	165	22,5	187,5	6-7	100
	7	0,022761	0,00251		0,025271	0,1633	165	22,5	187,5	7-8	100
	8	0,016183	0,00402		0,0202	0,1835	165	22,5	187,5	8-9	60
	9	0,013332	0,003		0,016327	0,1998	165	22,5	187,5	9-10	82,75
	10	0,016269	0,0119		0,028167	0,228	165	22,5	187,5	10-B	12
C	1	0,01725	0,00169		0,018938	0,0189	165	22,5	187,5	1-2	100
	2	0,023	0,00225		0,02525	0,0442	165	22,5	187,5	2-3	100
	3	0,023	0,00225		0,02525	0,0694	165	22,5	187,5	3-4	100
	4	0,023	0,00225		0,02525	0,0947	165	22,5	187,5	4-5	100
	5	0,023	0,00225		0,02525	0,1199	165	22,5	187,5	5-6	100
	6	0,023	0,00225		0,02525	0,1452	165	22,5	187,5	6-7	100
	7	0,023	0,00225		0,02525	0,1704	165	22,5	187,5	7-8	100
	8	0,023	0,00225		0,02525	0,1957	165	22,5	187,5	8-9	100
	9	0,023	0,00225		0,02525	0,2209	165	22,5	187,5	9-10	100
	10	0,016685	0,00321		0,019895	0,2408	165	22,5	187,5	10-C	12
D	1	0,023242	0,00736		0,030604	0,0306	165	22,5	187,5	1-2	100
	2	0,023	0,00225		0,02525	0,0559	165	22,5	187,5	2-3	100
	3	0,022034	0,03215		0,054184	0,11	147,5	40	187,5	3-4	100
	4	0,022912	0,00234		0,02525	0,1353	150	37,5	187,5	4-5	100
	5	0,0274545			0,027455	0,1627	187,5		187,5	5-D	12

Tabel 4.10. Data luas areal aliran dan panjang saluran bawah permukaan untuk masing-masing outlet (Outlet E - H)

No	No	Luas Area Aliran Air (Km ²)					Jarak Tempuh Terjauh			Segmen	Panjang
Outlet	Inlet	Ke bak Pengumpul					Ke Bak Pengumpul			Jalur	(m)
		Rumput	Flexible.P	Rigid.P	Total	Subtotal	Rumput	Perkerasan	Total		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E	1	0,01967			0,01967	0,0197	100		100	1-2	100
	2	0,01671			0,01671	0,0364	100		100	2-3	100
	3	0,015357	0,00135		0,016707	0,0531	77,5	22,5	100	3-4	100
	4	0,014457	0,00225		0,016707	0,0698	62,5	37,5	100	4-5	100
	5	0,014457	0,00225		0,016707	0,0865	77,5	22,5	100	5-6	100
	6	0,014457	0,00225		0,016707	0,1032	77,5	22,5	100	6-7	100
	7	0,014457	0,00225		0,016707	0,1199	77,5	22,5	100	7-8	100
	8	0,014457	0,00225		0,016707	0,1366	77,5	22,5	100	8-9	100
	9	0,014457	0,00225		0,016707	0,1533	77,5	22,5	100	9-10	100
	10	0,014457	0,00225		0,016707	0,17	77,5	22,5	100	10-E	12
F	1	0,014457	0,00225		0,016707	0,0167	77,5	22,5	100	1-2	100
	2	0,014457	0,00225		0,016707	0,0334	77,5	22,5	100	2-3	100
	3	0,014457	0,00225		0,016707	0,0501	77,5	22,5	100	3-4	100
	4	0,014457	0,00225		0,016707	0,0668	77,5	22,5	100	4-5	100
	5	0,014457	0,00225		0,016707	0,0835	77,5	22,5	100	5-6	100
	6	0,014457	0,00225		0,016707	0,1002	77,5	22,5	100	6-7	100
	7	0,014457	0,00225		0,016707	0,117	77,5	22,5	100	7-8	50
	8	0,014457	0,00225		0,016707	0,1337	77,5	22,5	100	8-9	100
	9	0,014457	0,00225		0,013362	0,147	77,5	22,5	100	9-10	100
	10	0,014457	0,00225		0,013366	0,1604	77,5	22,5	100	10-A	100
G	1	0,014457	0,00225		0,014996	0,015	77,5	22,5	82,5	1-2	12
	2	0,014457	0,00225		0,017495	0,0325	77,5	22,5	62,5	2-3	100
	3	0,014457	0,00225		0,015871	0,0484	77,5	22,5	44	3-4	100
	4	0,014457	0,00225		0,013366	0,0617	77,5	22,5	24	4-5	100
	5	0,014457	0,00225		0,01754	0,0793	77,5	22,5	11	5-6	100
	6	0,014457	0,00225		0,016707	0,096	77,5	22,5	100	6-7	100
	7	0,014457	0,00225		0,016707	0,1127	77,5	22,5	100	7-8	100
	8	0,014457	0,00225		0,016707	0,1294	77,5	22,5	100	8-9	100
	9	0,011562	0,0018		0,013362	0,1428	77,5	22,5	100	9-10	100
	10	0,011566	0,0018		0,013366	0,1561	77,5	22,5	100	10-A	12
H	1	0,011049	0,00395		0,014996	0,015	60	22,5	82,5	1-2	100
	2	0,011001	0,00649		0,017495	0,0325	40	22,5	62,5	2-3	100
	3	0,014934	0,00094		0,015871	0,0484	5	39	44	3-4	100
	4	0,012016	0,00135		0,013366	0,0617	1,5	22,5	24	4-5	100
	5	0,01754			0,01754	0,0793	11		11	5-H	1,5

Tabel 4.11. Perhitungan debit rancangan (Q) untuk outlet A-D dengan kala ulang 5 tahun ($R_{24} = 155,238 \text{ mm}$)

Koefisien Limpasan air (C)			Slope		Waktu Masuk			Waktu	Waktu	Intensitas	Debit	Kumulatif
Rumput	Perkerasan	Rerata	Rumput	Perkerasan	Rumput	Perkerasan	Total	Aliran	Konsentrasi	Hujan	Rancangan	Debit Rancangan
					(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(mm/jam)	(m ³ /det)	(m ³ /det)
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.23	0.77	0.23	0.01	0.015	1.7998549	0	1.79985488	0.00888889	1.808743764	36.28417	0.06662	0.07
0.23	0.77	0.23	0.01	0.015	1.7998549	0	1.79985488	0.00888889	1.808743764	36.28417	0.05858	0.13
0.23	0.77	0.256946535	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06324	0.19
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.26
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.33
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.39
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.46
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.53
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.60
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00106667	1.896105935	35.16036	0.06864	0.67
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.74
0.23	0.77	0.278123143	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00444444	1.899483713	35.11865	0.05027	0.12
0.23	0.77	0.358991271	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06494	0.18
0.23	0.77	0.339782928	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.08346	0.27
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.34
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.40
0.23	0.77	0.283634601	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06987	0.47
0.23	0.77	0.337385149	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00533333	1.900372602	35.10769	0.06652	0.54
0.23	0.77	0.329056777	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00735556	1.902394824	35.08279	0.05240	0.59
0.23	0.77	0.458100969	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00106667	1.896105935	35.16036	0.12612	0.72
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.05134	0.05
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.12
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.19
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.26
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.33
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.39
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.46
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.53
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.60
0.23	0.77	0.317127419	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00106667	1.896105935	35.16036	0.06167	0.66
0.23	0.77	0.359900667	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.10737	0.11
0.23	0.77	0.278118812	0.01	0.015	1.6884135	0.20662573	1.89503927	0.00888889	1.903928157	35.06394	0.06845	0.18
0.23	0.77	0.550408239	0.01	0.015	1.5963674	0.27550098	1.87186842	0.00888889	1.880757314	35.35149	0.29310	0.47
0.23	0.77	0.280000792	0.01	0.015	1.6098391	0.26675268	1.87659182	0.00888889	1.885480705	35.2924	0.06937	0.54
0.23	0.77	0.23	0.01	0.015	1.7998549	0	1.79985488	0.00106667	1.800921542	36.38921	0.06388	0.60

Tabel 4.12. Perhitungan debit rancangan (Q) untuk outlet E-H dengan kala ulang 5 tahun ($R_{24} = 155,238 \text{ mm}$)

Koefisien Limpasan air (C)			Slope		Waktu Masuk			Waktu	Waktu	Intensitas	Debit	Kumulatif
Rumput	Perkerasan	Rerata	Rumput	Perkerasan	Rumput	Perkerasan	Total	Aliran	Konsentrasi	Hujan	Rancangan	Debit Rancangan
					(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(mm/jam)	(m ³ /det)	(m ³ /det)
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.23	0.77	0.23	0.01	0.015	1.3144282	0	1.31442815	0.01666667	1.33109482	44.51848	0.05599	0.06
0.23	0.77	0.23	0.01	0.015	1.3144282	0	1.31442815	0.01666667	1.33109482	44.51848	0.04757	0.10
0.23	0.77	0.273634405	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.05522	0.16
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.0391467	0.26675268	1.30589937	0.01666667	1.322566039	44.70976	0.06286	0.22
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.28
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.34
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.40
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.47
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.53
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.002	1.365770523	43.76135	0.06153	0.59
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.06
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.12
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.18
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.24
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.31
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.37
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.00833333	1.372103857	43.62652	0.06134	0.43
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.49
0.23	0.77	0.37850696	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.55
0.23	0.77	0.378393685	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.61
0.23	0.77	0.337263937	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.00242424	1.366194766	43.75229	0.06152	0.06
0.23	0.77	0.289088883	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.02666667	1.39043719	43.242	0.06080	0.12
0.23	0.77	0.31866187	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.03787879	1.401649311	43.01097	0.06047	0.18
0.23	0.77	0.378393685	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.06944444	1.433214968	42.37679	0.05958	0.24
0.23	0.77	0.288347206	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.15151515	1.515285675	40.83174	0.05741	0.30
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.36
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.42
0.23	0.77	0.302724008	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.06109	0.48
0.23	0.77	0.302743601	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.01666667	1.38043719	43.45068	0.04886	0.53
0.23	0.77	0.302721832	0.01	0.015	1.1571448	0.20662573	1.36377052	0.002	1.365770523	43.76135	0.04922	0.58
0.23	0.77	0.372129901	0.01	0.015	1.0181517	0.20662573	1.2247774	0.02020202	1.244979424	46.54945	0.07222	0.07
0.23	0.77	0.430443555	0.01	0.015	0.8313174	0.20662573	1.03794309	0.02666667	1.064609758	51.67157	0.10817	0.18
0.23	0.77	0.261893595	0.01	0.015	0.2939151	0.27203542	0.56595049	0.03787879	0.603829278	75.42546	0.08716	0.27
0.23	0.77	0.284541374	0.01	0.015	0.1609839	0.20662573	0.36760965	0.06944444	0.437054093	93.57304	0.09893	0.37
0.23	0.77	0.23	0.01	0.015	0.4359465	0	0.4359465	0.00227273	0.438219227	93.40702	0.10476	0.47

Tabel 4.13. Perhitungan debit rancangan (Q) untuk outlet A-D dengan kala ulang 10 tahun ($R_{24} = 164,27 \text{ mm}$)

Koefisien Limpasan air (C)			Slope		Waktu Masuk			Waktu	Waktu	Intensitas	Debit	Kumulatif
Rumput	Perkerasan	Rerata	Rumput	Perkerasan	Rumput	Perkerasan	Total	Aliran	Konsentrasi	Hujan	Rancangan	Debit Rancangan
					(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(mm/jam)	(m ³ /det)	(m ³ /det)
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.25	0.81	0.25	0.01	0.015	1.7584789	0	1.7584789	0.00888889	1.76736779	39.70458	0.07924	0.08
0.25	0.81	0.25	0.01	0.015	1.7584789	0	1.7584789	0.00888889	1.76736779	39.70458	0.06968	0.15
0.25	0.81	0.277944554	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.07541	0.22
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.31
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.39
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.47
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.55
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.63
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.71
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00106667	1.832246287	38.76122	0.08160	0.79
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.08
0.25	0.81	0.299905482	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00444444	1.835624065	38.71364	0.05976	0.14
0.25	0.81	0.383768725	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.07653	0.22
0.25	0.81	0.363848962	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.09852	0.32
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.40
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.48
0.25	0.81	0.305621068	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08299	0.56
0.25	0.81	0.361362376	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00533333	1.836512954	38.70114	0.07853	0.64
0.25	0.81	0.352725547	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00735556	1.838535176	38.67274	0.06191	0.70
0.25	0.81	0.486549153	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00106667	1.832246287	38.76122	0.14768	0.85
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.06103	0.06
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.14
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.22
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.31
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.39
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.47
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.55
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.63
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.71
0.25	0.81	0.34035436	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00106667	1.832246287	38.76122	0.07297	0.78
0.25	0.81	0.384711802	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.12651	0.13
0.25	0.81	0.29990099	0.01	0.015	1.6495994	0.18158019	1.83117962	0.00888889	1.84006851	38.65124	0.08137	0.21
0.25	0.81	0.58227521	0.01	0.015	1.5596693	0.24210692	1.80177626	0.00888889	1.810665154	39.06876	0.34267	0.55
0.25	0.81	0.301852673	0.01	0.015	1.5728313	0.23441902	1.80725036	0.00888889	1.816139251	38.99018	0.08261	0.63
0.25	0.81	0.25	0.01	0.015	1.7584789	0	1.7584789	0.00106667	1.759545568	39.82223	0.07598	0.71

Tabel 4.14. Perhitungan debit rancangan (Q) untuk outlet E-H dengan kala ulang 10 tahun ($R_{24} = 164,27 \text{ mm}$)

Koefisien Limpasan air (C)			Slope		Waktu Masuk			Waktu	Waktu	Intensitas	Debit	Kumulatif
Rumput	Perkerasan	Rerata	Rumput	Perkerasan	Rumput	Perkerasan	Total	Aliran	Konsentrasi	Hujan	Rancangan	Debit Rancangan
					(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(mm/jam)	(m ³ /det)	(m ³ /det)
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.25	0.81	0.25	0.01	0.015	1.2842114	0	1.28421141	0.01666667	1.300878081	48.7093	0.06659	0.07
0.25	0.81	0.25	0.01	0.015	1.2842114	0	1.28421141	0.01666667	1.300878081	48.7093	0.05657	0.12
0.25	0.81	0.295250494	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.06586	0.19
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.0152583	0.23441902	1.24967728	0.01666667	1.266343952	49.59133	0.07495	0.26
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.34
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.41
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.48
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.55
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.63
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.002	1.31412395	48.38127	0.07312	0.70
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.07
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.15
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.22
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.29
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.36
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.44
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.00833333	1.320457283	48.22637	0.07289	0.51
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.58
0.25	0.81	0.406881455	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.65
0.25	0.81	0.406759689	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.73
0.25	0.81	0.362546679	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.00242424	1.314548192	48.37086	0.07311	0.07
0.25	0.81	0.310760217	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.02666667	1.338790617	47.78487	0.07222	0.15
0.25	0.81	0.342550122	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.03787879	1.350002738	47.51979	0.07182	0.22
0.25	0.81	0.406759689	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.06944444	1.381568395	46.79283	0.07072	0.29
0.25	0.81	0.309962942	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.15151515	1.463639102	45.02599	0.06805	0.36
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.43
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.50
0.25	0.81	0.32541749	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.07258	0.57
0.25	0.81	0.325437809	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.01666667	1.328790617	48.02443	0.05806	0.63
0.25	0.81	0.325415233	0.01	0.015	1.1305438	0.18158019	1.31212395	0.002	1.31412395	48.38127	0.05850	0.69
0.25	0.81	0.397393972	0.01	0.015	0.9947459	0.18158019	1.17632607	0.02020202	1.196528095	51.50307	0.08532	0.09
0.25	0.81	0.457867391	0.01	0.015	0.8122066	0.18158019	0.9937868	0.02666667	1.020453471	57.27204	0.12754	0.21
0.25	0.81	0.283074839	0.01	0.015	0.2871584	0.23906143	0.52621983	0.03787879	0.564098619	85.046	0.10622	0.32
0.25	0.81	0.306561425	0.01	0.015	0.1572831	0.18158019	0.33886333	0.06944444	0.408307769	105.5064	0.12018	0.44
0.25	0.81	0.25	0.01	0.015	0.4259247	0	0.42592474	0.01754386	0.443468601	99.85048	0.12172	0.56

Tabel 4.15. Data luas areal aliran dan panjang saluran permukaan untuk masing-masing Segmen Saluran

Segmen Jalur	Panjang (m)	Luas Areal Aliran Air (km ²)					Jarak Tempuh Terjauh (m)				Koefisien Limpasan Air ©			
		Ke bak Pengumpul					Ke bak Pengumpul							
		Rumput	Flexible P	Rigid P	Total	Subtotal	Rumput	Flexible P	Rigid P	Total	Rumput	Flexible P	Rigid P	Rerata
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	900	0,427567	0,056386		0,484	0,484	95			95	0,23	0,77		0,29292
B	890	0,406546	0,062274		0,4688	0,95282	95	48		143	0,23	0,77		0,30173
C	988	0,3365775	0,066998		0,4036	1,356395	95	50		145	0,23	0,77		0,31965
D	500	0,1186425	0,0441		0,1627	1,519137	95	12		107	0,23	0,77		0,37633
E	900	0,297506	0,0396		0,3371	1,856243	95			95	0,23	0,77		0,29343
F	950	0,283354	0,0441		0,3275	2,183697	95	43		138	0,23	0,77		0,30272
G	960	0,205324	0,034328		0,2397	2,423349	95	80		175	0,23	0,77		0,30735
H	470	0,06654	0,012728		0,0793	2,502618	95	58		153	0,23	0,77		0,31671

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16. Perhitungan debit banjir rancangan (Q) untuk masing-masing saluran permukaan dengan kala ulang 5 tahun

Slope		Waktu Masuk			Waktu	Waktu	Intensitas	Debit	Kumulatif
Rumput	Perkerasan	Rumput	Perkerasan	Total	Aliran	Konsentrasi	Hujan	Rancangan	Debit Rancangan
		(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(mm/jam)	(m ³ /det)	(m ³ /det)
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0,01	0,015	1,28114609	0	1,28114609	0,01754386	1,298689949	45,25635168	1,783490418	1,78349
0,01	0,015	1,28114609	0,301796202	1,582942291	0,011655012	1,594597303	39,46566832	1,551980171	3,335470171
0,01	0,015	1,28114609	0,308019458	1,589165548	0,011494253	1,600659801	39,36590472	1,411749924	4,747220095
0,01	0,015	1,28114609	0,150898101	1,43204419	0,015576324	1,447620514	42,09504627	0,716712255	5,46393235
0,01	0,015	1,28114609	0	1,28114609	0,01754386	1,298689949	45,25635168	1,244518428	1,244518
0,01	0,015	1,28114609	0,285645495	1,566791584	0,012077295	1,578868879	39,72746653	1,094797635	2,339315635
0,01	0,015	1,28114609	0,389617221	1,67076331	0,00952381	1,68028712	38,11157546	0,78040135	3,119716985
0,01	0,015	1,28114609	0,331747109	1,612893199	0,010893246	1,623786445	38,99104827	0,272126671	3,391843656

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.17. Perhitungan debit banjir rancangan (Q) untuk masing-masing saluran permukaan dengan kala ulang 10 tahun

Slope		Waktu Masuk			Waktu	Waktu	Intensitas	Debit	Kumulatif
Rumput	Perkerasan	Rumput	Perkerasan	Total	Aliran	Konsentrasi	Hujan	Rancangan	Debit Rancangan
		(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(mm/jam)	(m ³ /det)	(m ³ /det)
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0,01	0,015	1,25169	0	1,252	0,0175	1,269238315	49,51587	2,100112	2,10011195
0,01	0,015	1,25169	0,26521484	1,517	0,0117	1,528564311	43,74118	1,8492761	3,949388079
0,01	0,015	1,25169	0,27068377	1,522	0,0115	1,533872475	43,64015	1,6792135	5,628601587
0,01	0,015	1,25169	0,13260742	1,384	0,0156	1,399878201	46,38371	0,8430746	6,47167622
0,01	0,015	1,25169	0	1,252	0,0175	1,269238315	49,51587	1,4653625	1,465362514
0,01	0,015	1,25169	0,2510218	1,503	0,0121	1,514793548	44,00601	1,3036138	2,76897627
0,01	0,015	1,25169	0,34239089	1,594	0,0095	1,603609156	42,36498	0,9320332	3,701009499
0,01	0,015	1,25169	0,29153534	1,543	0,0109	1,55412304	43,26004	0,3240485	4,025057988

4.7. Perhitungan Dimensi Saluran Sistem Drainase

Dalam studi ini saluran drainase yang direncanakan adalah saluran pipa bawah permukaan (*subsurface drainage*) dan saluran permukaan (*surface drainage*). Dan dilakukan evaluasi pada hasil perencanaannya.

Persamaa *Manning* sangat populer digunakan dalam menentukan karakteristik aliran seragam. FAA (Federal Aviation Administration) merekomendasikan penggunaan rumus *Manning* dalam perancangan saluran pipa bawah permukaan pada lapangan terbang, yaitu (Persamaan 2 – 21):

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

dengan:

V = kecepatan aliran (m/dt)

n = koefisien kekasaran saluran

R = jari-jari hidrolis saluran

S = kemiringan dasar saluran

Pada pipa beton yang tidak terisi penuh sama halnya dengan perhitungan pada saluran terbuka karena di atasnya terdapat tekanan udara, sehingga dalam perhitungan dimensinya menggunakan prinsip-prinsip hidrolika saluran terbuka. Dalam studi ini, tinggi muka air maksimum dalam pipa direncanakan sebesar $h = 0,7.D$. Dimensi saluran dapat dihitung dengan persamaan berikut (Persamaan 2 – 36):

$$D = \left(\frac{Q \cdot n}{0.261 \cdot S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Contoh perhitungan dimensi pipa (D) untuk segmen 5-6 pada outlet A, sebagai berikut :

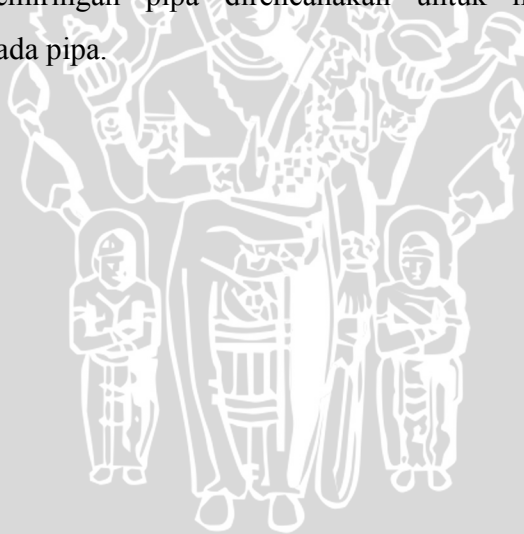
$$Q = 0,325 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$n = 0,015$$

$$S = 0,0015$$

$$\text{Maka: } D = \left(\frac{0,325 \cdot 0,015}{0,261 \cdot 0,0015^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,761 \text{ m} \approx 80 \text{ cm}$$

Perhitungan diameter pipa sistem drainasi bandara Abdulrachman Saleh pada segmen jalur lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.18. Dimana debit limpasan didapat dari komulatif debit buangan pada Tabel 4.11. dan Tabel 4.12. Koefisien kekasaran Manning yang digunakan adalah untuk saluran drainase dengan bak kontrol, lubang pemasukan dan lain-lain yaitu 0,015 (nilai n normal) dari Tabel 2.11. Kemiringan pipa direncanakan untuk menghindari terjadinya penggerusan dan pengendapan pada pipa.



Tabel 4.18. Perhitungan diameter pipa (D) untuk masing-masing outlet pada saluran bawah permukaan

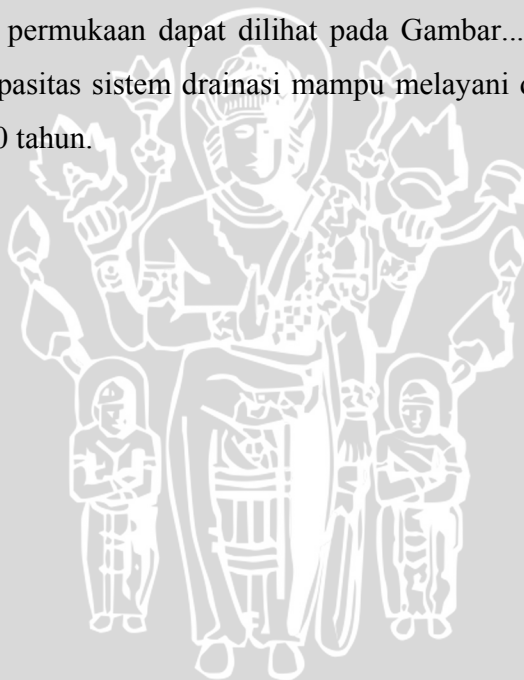
Daerah Outlet	Segmen Jalur	Debit Rancangan $Q(m^3/det)$	Koefisien Manning n	Slope Pipa S	Diameter Pipa D(m)	Diameter Pipa Yang Digunakan D(cm)
1	2	3	4	5	6	7
A	1	0,0666214	0,015	0,003	0,3687134	40
	2	0,1252017	0,015	0,003	0,4671298	50
	3	0,1884443	0,015	0,0025	0,563474	60
	4	0,256898	0,015	0,002	0,6599502	70
	5	0,3253518	0,015	0,0015	0,7610433	80
	6	0,3938055	0,015	0,0015	0,8175374	85
	7	0,4622593	0,015	0,0015	0,8681785	90
	8	0,5307131	0,015	0,0015	0,9143224	95
	9	0,5991668	0,015	0,0015	0,9568797	100
	10	0,6678088	0,015	0,0015	0,9966014	110
B	1	0,06845	0,015	0,003	0,3724765	40
	2	0,118724	0,015	0,003	0,4579159	50
	3	0,1836652	0,015	0,0025	0,5580722	60
	4	0,2671276	0,015	0,002	0,6696848	70
	5	0,3355813	0,015	0,0015	0,7699297	80
	6	0,4040351	0,015	0,0015	0,8254373	85
	7	0,4739045	0,015	0,0015	0,8763165	90
	8	0,5404202	0,015	0,0015	0,9205583	95
	9	0,5928184	0,015	0,0015	0,9530651	100
	10	0,7189431	0,015	0,0015	1,0245599	110
C	1	0,05134	0,015	0,003	0,3343911	40
	2	0,1197938	0,015	0,003	0,4594589	50
	3	0,1882475	0,015	0,0025	0,5632533	60
	4	0,2567013	0,015	0,002	0,6597607	70
	5	0,325155	0,015	0,0015	0,7608707	80
	6	0,3936088	0,015	0,0015	0,8173842	85
	7	0,4620626	0,015	0,0015	0,86804	90
	8	0,5305163	0,015	0,0015	0,9141952	95
	9	0,5989701	0,015	0,0015	0,9567618	100
	10	0,6606404	0,015	0,0015	0,9925762	110
D	1	0,10737	0,015	0,003	0,4409759	45
	2	0,1758238	0,015	0,003	0,5305641	65
	3	0,4689188	0,015	0,0025	0,7931255	85
	4	0,5382848	0,015	0,002	0,8709244	95
	5	0,6021639	0,015	0,0015	0,9586718	110

Daerah Outlet	Segmen Jalur	Debit Rancangan $Q(m^3/det)$	Koefisien Manning n	Slope Pipa S	Diameter Pipa D(m)	Diameter Pipa Yang Digunakan D(cm)
1	2	3	4	5	6	7
E	1	0,05599	0,015	0,003	0,34544	40
	2	0,103555206	0,015	0,003	0,43503	50
	3	0,158777006	0,015	0,0025	0,52842	60
	4	0,221639621	0,015	0,002	0,62441	70
	5	0,282731956	0,015	0,0015	0,72201	80
	6	0,34382429	0,015	0,0015	0,77697	85
	7	0,404916625	0,015	0,0015	0,82611	90
	8	0,46600896	0,015	0,0015	0,87081	95
	9	0,527101294	0,015	0,0015	0,91198	100
	10	0,588630439	0,015	0,0015	0,95053	110
F	1	0,06109	0,015	0,003	0,35692	40
	2	0,122182335	0,015	0,003	0,46287	50
	3	0,183274669	0,015	0,0025	0,55763	60
	4	0,244367004	0,015	0,002	0,64769	70
	5	0,305459339	0,015	0,0015	0,74325	80
	6	0,366551673	0,015	0,0015	0,79584	85
	7	0,427891241	0,015	0,0015	0,84339	90
	8	0,488983576	0,015	0,0015	0,88667	95
	9	0,55007591	0,015	0,0015	0,92669	100
	10	0,611168245	0,015	0,0015	0,96402	110
G	1	0,06152	0,015	0,003	0,35786	40
	2	0,12231892	0,015	0,003	0,46307	50
	3	0,182793013	0,015	0,0025	0,55708	60
	4	0,242375437	0,015	0,002	0,6457	70
	5	0,299785495	0,015	0,0015	0,73804	80
	6	0,36087783	0,015	0,0015	0,7912	85
	7	0,421970165	0,015	0,0015	0,83899	90
	8	0,483062499	0,015	0,0015	0,88263	95
	9	0,531926366	0,015	0,0015	0,91511	100
	10	0,581150801	0,015	0,0015	0,94599	110
H	1	0,07222	0,015	0,003	0,38004	45
	2	0,18039493	0,015	0,003	0,5357	65
	3	0,267552047	0,015	0,0025	0,64263	85
	4	0,366485325	0,015	0,002	0,754	95
	5	0,471242007	0,015	0,0015	0,87447	110

4.8. Analisis Kapasitas Sistem Drainasi

Setelah dimensi dan kecepatan saluran drainasi diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung kapasitas bak saluran baik saluran permukaan maupun bawah permukaan. Analisa ini dilakukan terhadap debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh man kerusakan atau gangguan teknis yang diakibatkan oleh aliran tersebut.

Perbandingan kapasitas sistem drainasi yang direncanakan dengan debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.17. untuk saluran drainase bawah permukaan dan Tabel 4.18. untuk saluran permukaan. Lebih jelasnya serta untuk memudahkan pemeriksaan kapasitas sistem drainase terhadap debit banjir maka hasil analisis ini ditampilkan pada Gambar..... untuk saluran bawah permukaan dapat dilihat pada Gambar.... Dari tabel dan grafik tersebut, dapat dilihat bahwa kapasitas sistem drainasi mampu melayani debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.

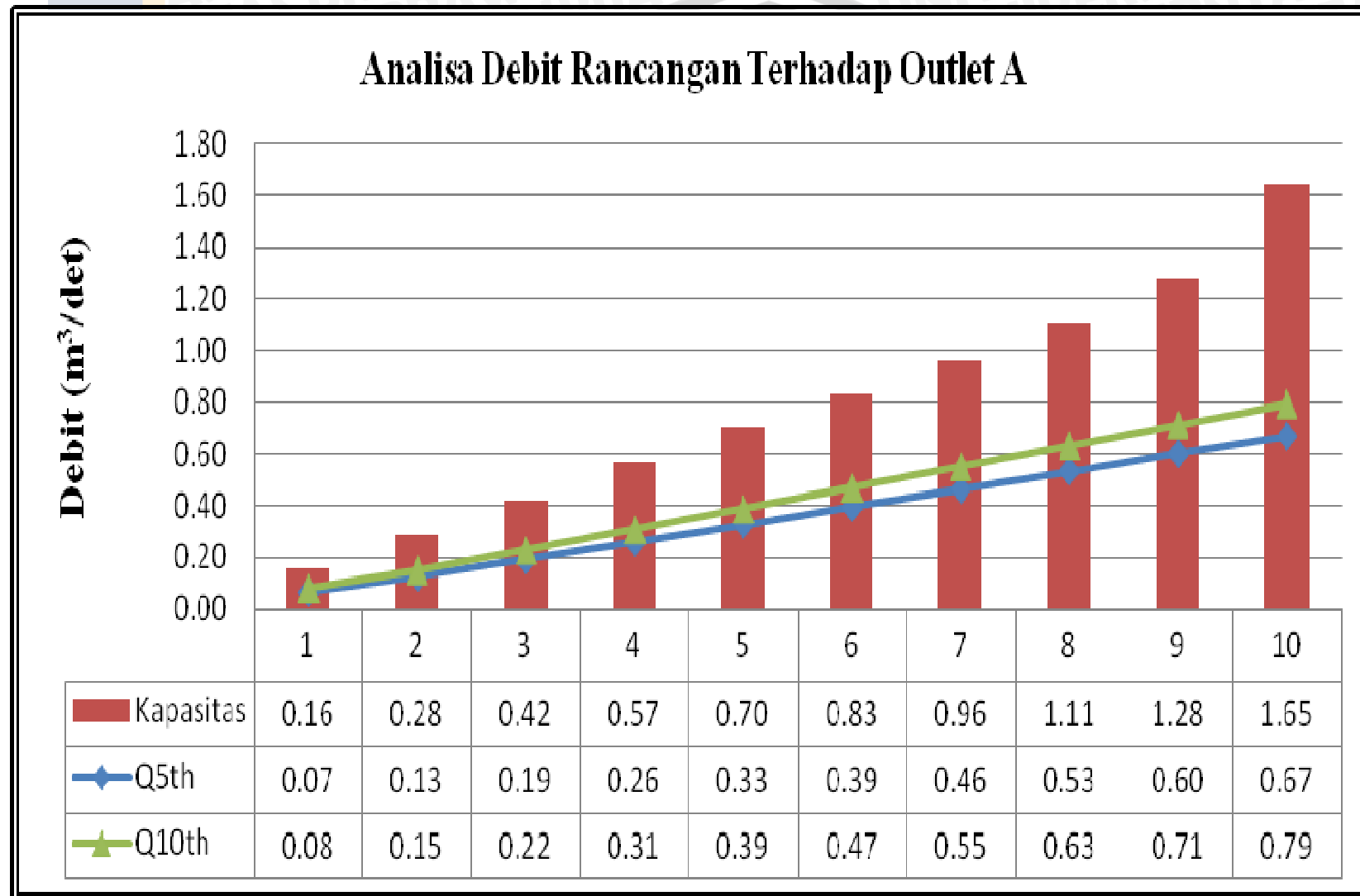


Tabel 4.19. Perhitungan kapasitas saluran drainase masing-masing *outlet* pada saluran bawah permukaan (*Outlet A-D*)

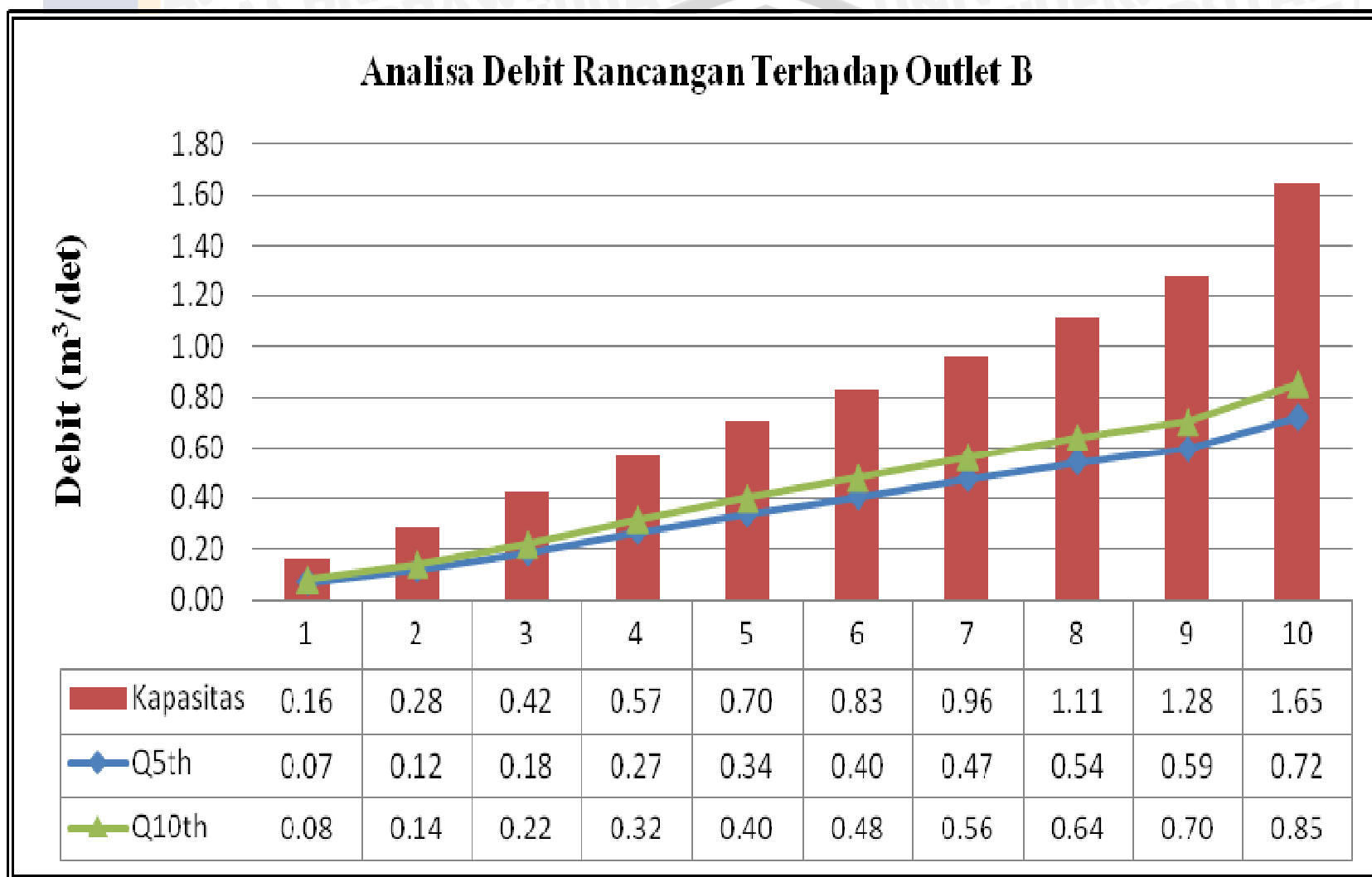
Daerah Outlet	Segmen Jalur	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa Yang Digunakan D (cm)	Luas Penampang A (m ²)	Perimeter Basah P (m)	Jari-jari Hidrolis R (m)	Kecepatan Aliran V (m/dt)	Kapasitas Pipa (m ³ /dt)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1	100	40	0,13	0,63	0,20	1,25	0,16
	2	100	50	0,20	0,79	0,25	1,45	0,28
	3	100	60	0,28	0,94	0,30	1,49	0,42
	4	100	70	0,38	1,10	0,35	1,48	0,57
	5	100	80	0,50	1,26	0,40	1,40	0,70
	6	100	85	0,57	1,34	0,42	1,46	0,83
	7	100	90	0,64	1,41	0,45	1,52	0,96
	8	100	95	0,71	1,49	0,47	1,57	1,11
	9	100	100	0,79	1,57	0,50	1,63	1,28
	10	12	110	0,95	1,73	0,55	1,73	1,65
B	1	100	40	0,13	0,63	0,20	1,25	0,16
	2	50	50	0,20	0,79	0,25	1,45	0,28
	3	100	60	0,28	0,94	0,30	1,49	0,42
	4	100	70	0,38	1,10	0,35	1,48	0,57
	5	100	80	0,50	1,26	0,40	1,40	0,70
	6	100	85	0,57	1,34	0,42	1,46	0,83
	7	100	90	0,64	1,41	0,45	1,52	0,96
	8	60	95	0,71	1,49	0,47	1,57	1,11
	9	82,75	100	0,79	1,57	0,50	1,63	1,28
	10	12	110	0,95	1,73	0,55	1,73	1,65
C	1	100	40	0,13	0,63	0,20	1,25	0,16
	2	100	50	0,20	0,79	0,25	1,45	0,28
	3	100	60	0,28	0,94	0,30	1,49	0,42
	4	100	70	0,38	1,10	0,35	1,48	0,57
	5	100	80	0,50	1,26	0,40	1,40	0,70
	6	100	85	0,57	1,34	0,42	1,46	0,83
	7	100	90	0,64	1,41	0,45	1,52	0,96
	8	100	95	0,71	1,49	0,47	1,57	1,11
	9	100	100	0,79	1,57	0,50	1,63	1,28
	10	12	110	0,95	1,73	0,55	1,73	1,65
D	1	100	45	0,16	0,71	0,22	1,35	0,21
	2	100	65	0,33	1,02	0,32	1,73	0,57
	3	100	85	0,57	1,34	0,42	1,88	1,07
	4	100	95	0,71	1,49	0,47	1,81	1,29
	5	12	110	0,95	1,73	0,55	1,73	1,65

Tabel 4.20. Perhitungan kapasitas saluran drainase masing-masing *outlet* pada saluran bawah permukaan (*Outlet E - H*)

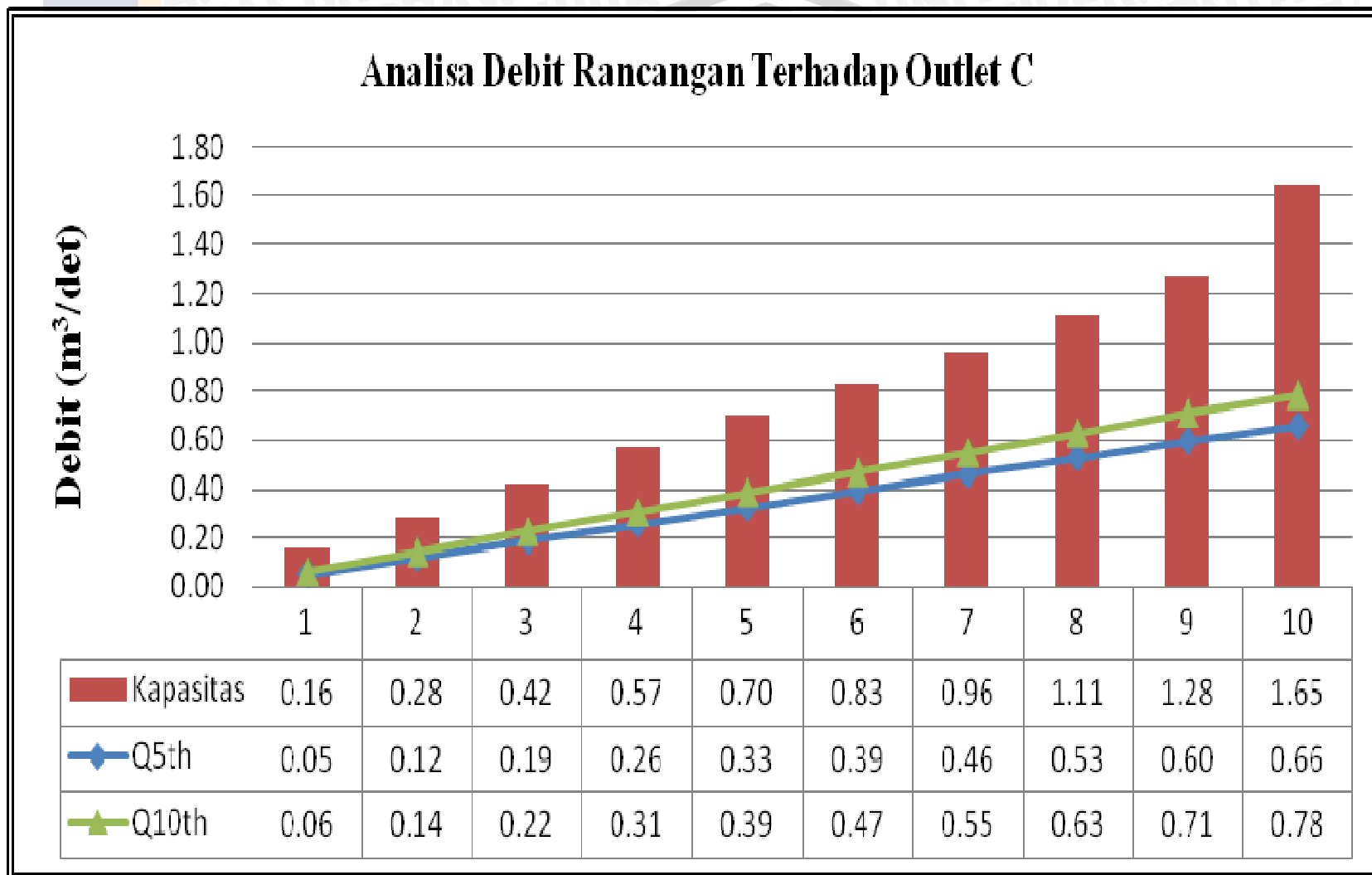
Daerah Outlet	Segmen Jalur	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa Yang Digunakan D (cm)	Luas Penampang A (m ²)	Perimeter Basah P (m)	Jari-jari Hidrolis R (m)	Kecepatan Aliran V (m/dt)	Kapasitas Pipa (m ³ /dt)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
E	1	100	40	0,13	0,63	0,20	1,25	0,16
	2	100	50	0,20	0,79	0,25	1,45	0,28
	3	100	60	0,28	0,94	0,30	1,49	0,42
	4	100	70	0,38	1,10	0,35	1,48	0,57
	5	100	80	0,50	1,26	0,40	1,40	0,70
	6	100	85	0,57	1,34	0,42	1,46	0,83
	7	100	90	0,64	1,41	0,45	1,52	0,96
	8	100	95	0,71	1,49	0,47	1,57	1,11
	9	100	100	0,79	1,57	0,50	1,63	1,28
	10	12	110	0,95	1,73	0,55	1,73	1,65
F	1	100	40	0,13	0,63	0,20	1,25	0,16
	2	100	50	0,20	0,79	0,25	1,45	0,28
	3	100	60	0,28	0,94	0,30	1,49	0,42
	4	100	70	0,38	1,10	0,35	1,48	0,57
	5	100	80	0,50	1,26	0,40	1,40	0,70
	6	100	85	0,57	1,34	0,42	1,46	0,83
	7	50	90	0,64	1,41	0,45	1,52	0,96
	8	100	95	0,71	1,49	0,47	1,57	1,11
	9	100	100	0,79	1,57	0,50	1,63	1,28
	10	100	110	0,95	1,73	0,55	1,73	1,65
G	1	12	40	0,13	0,63	0,20	1,25	0,16
	2	100	50	0,20	0,79	0,25	1,45	0,28
	3	100	60	0,28	0,94	0,30	1,49	0,42
	4	100	70	0,38	1,10	0,35	1,48	0,57
	5	100	80	0,50	1,26	0,40	1,40	0,70
	6	100	85	0,57	1,34	0,42	1,46	0,83
	7	100	90	0,64	1,41	0,45	1,52	0,96
	8	100	95	0,71	1,49	0,47	1,57	1,11
	9	100	100	0,79	1,57	0,50	1,63	1,28
	10	12	110	0,95	1,73	0,55	1,73	1,65
H	1	100	45	0,16	0,71	0,22	1,35	0,21
	2	100	65	0,33	1,02	0,32	1,73	0,57
	3	100	85	0,57	1,34	0,42	1,88	1,07
	4	100	95	0,71	1,49	0,47	1,81	1,29
	5	1,5	110	0,95	1,73	0,55	1,73	1,65



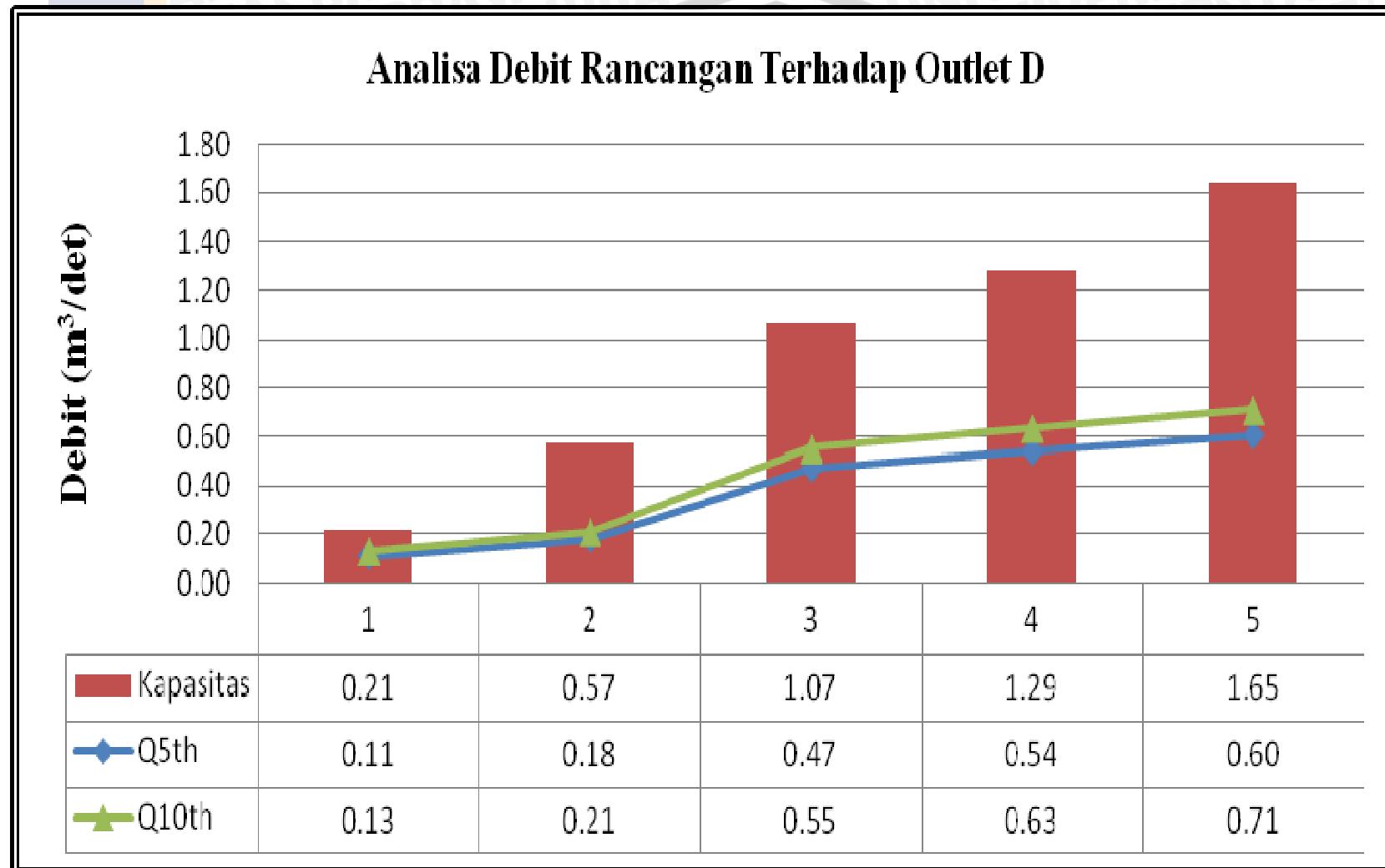
Gambar 4.5. Grafik analisis kapasitas saluran bawah permukaan terhadap debit banjir rancangan outlet A



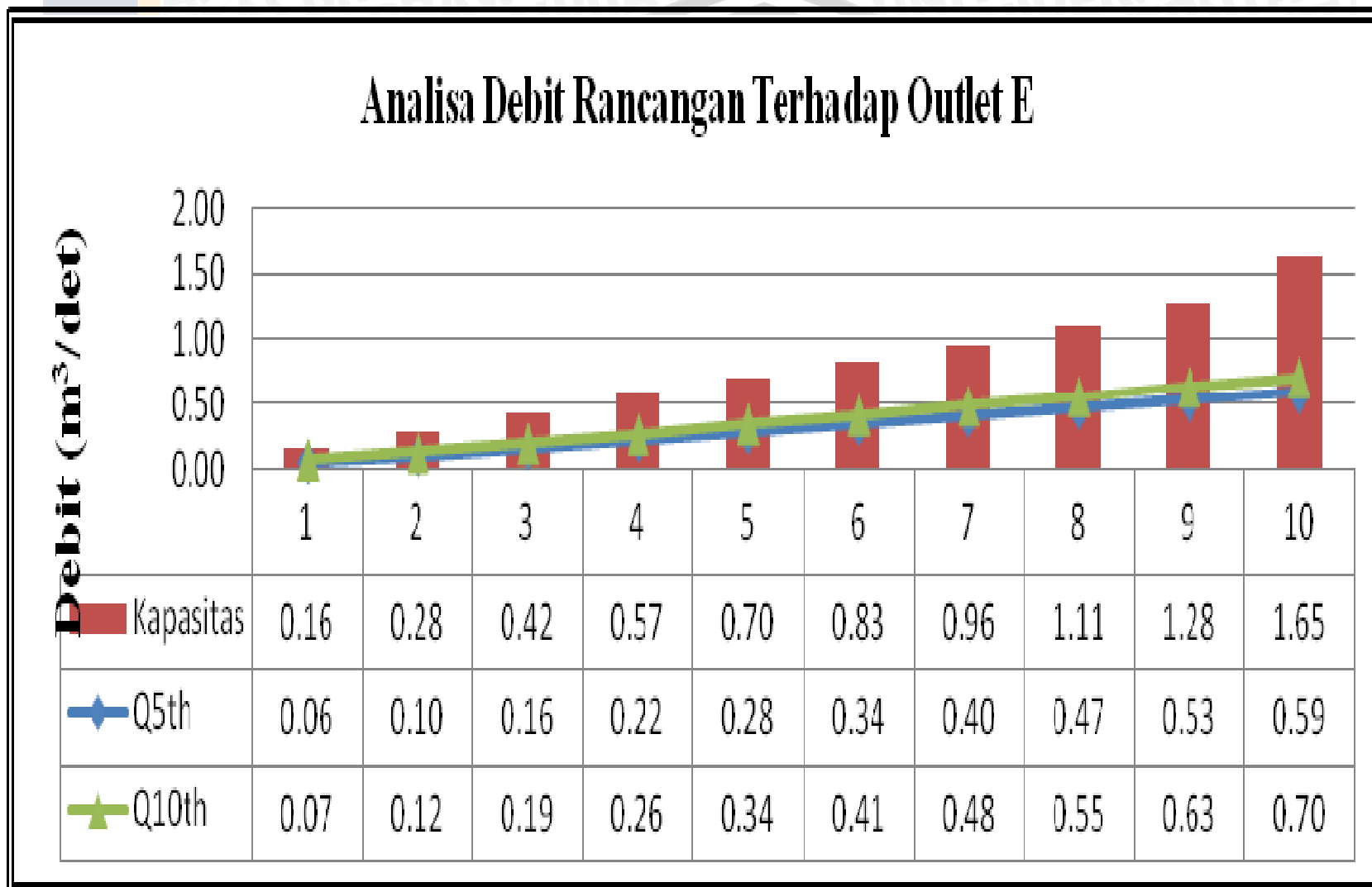
Gambar 4.6. Grafik analisis kapasitas saluran bawah permukaan terhadap debit banjir rancangan outlet B



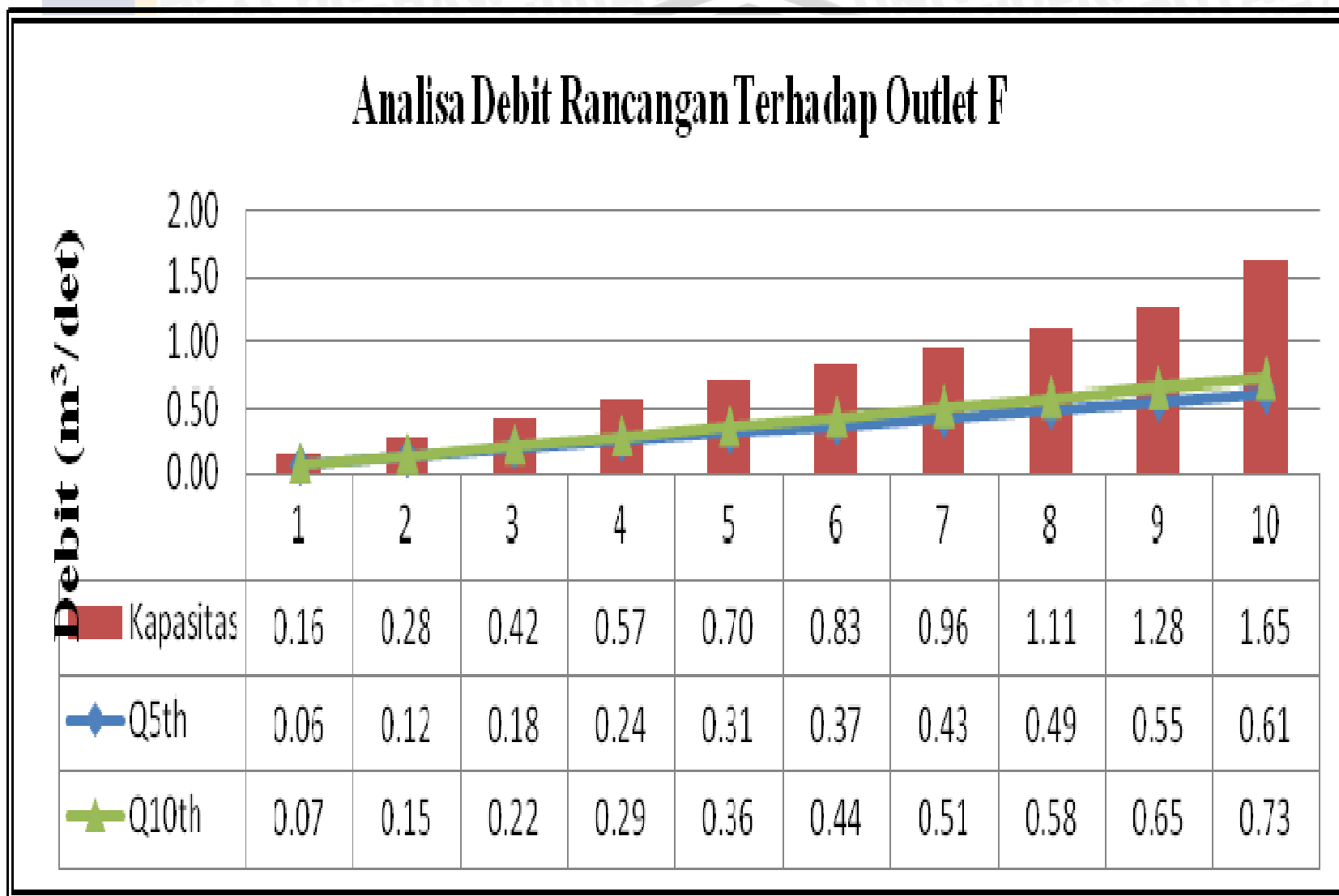
Gambar 4.7. Grafik analisis kapasitas saluran bawah permukaan terhadap debit banjir rancangan outlet C



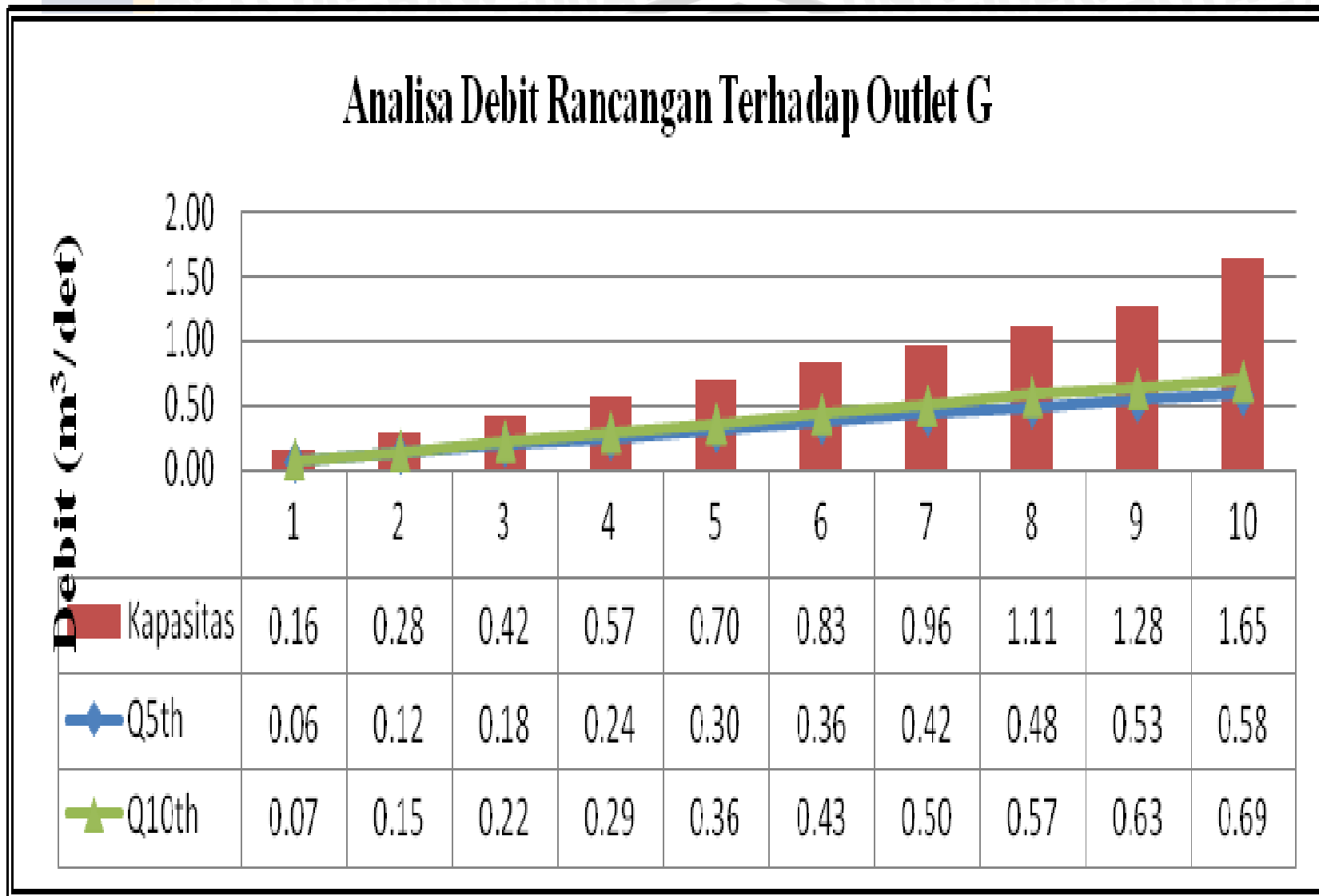
Gambar 4.8. Grafik analisis kapasitas saluran bawah permukaan terhadap debit banjir rancangan outlet D



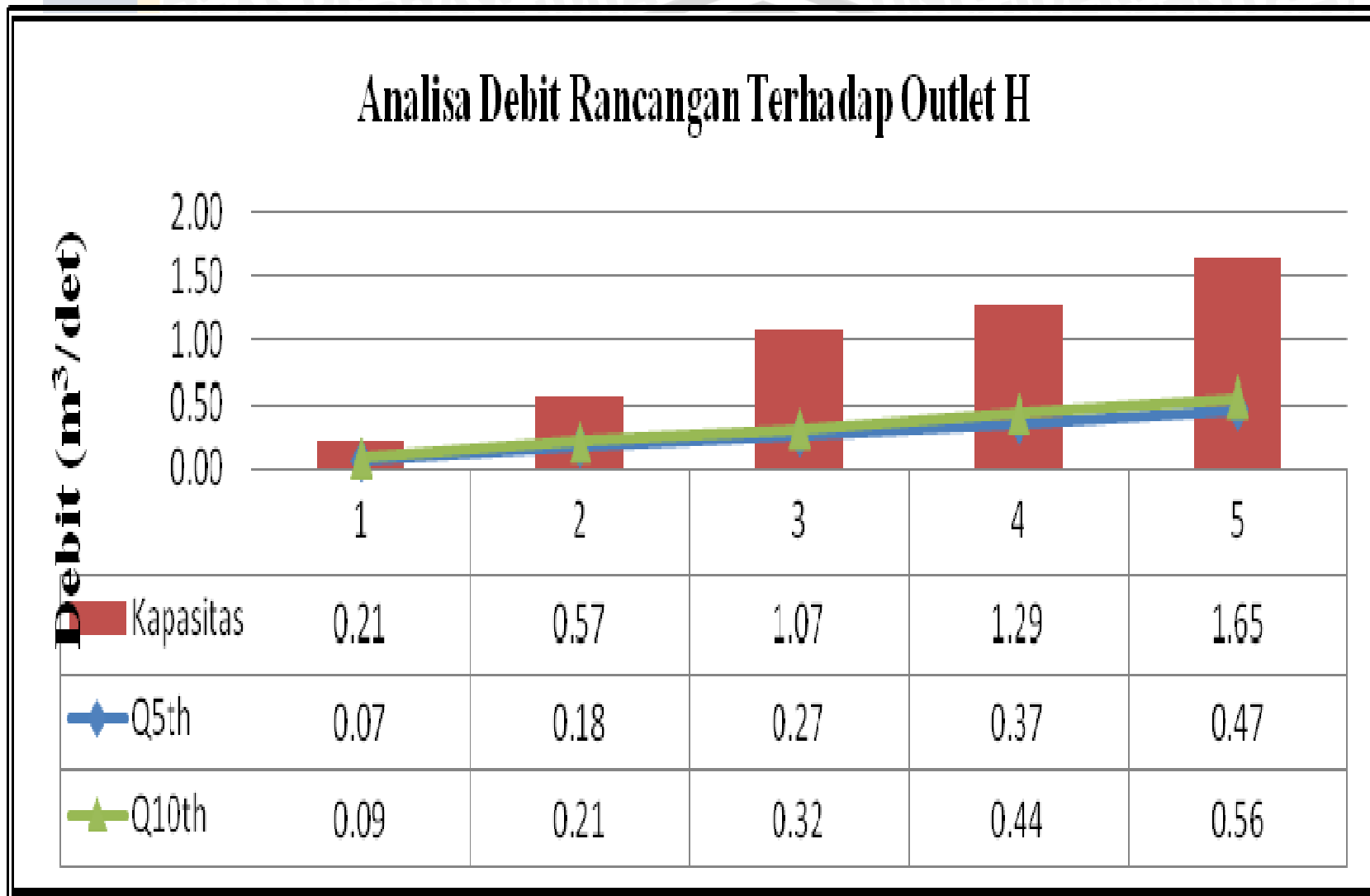
Gambar 4.9. Grafik analisis kapasitas saluran bawah permukaan terhadap debit banjir rancangan outlet E



Gambar 4.10. Grafik analisis kapasitas saluran bawah permukaan terhadap debit banjir rancangan outlet F



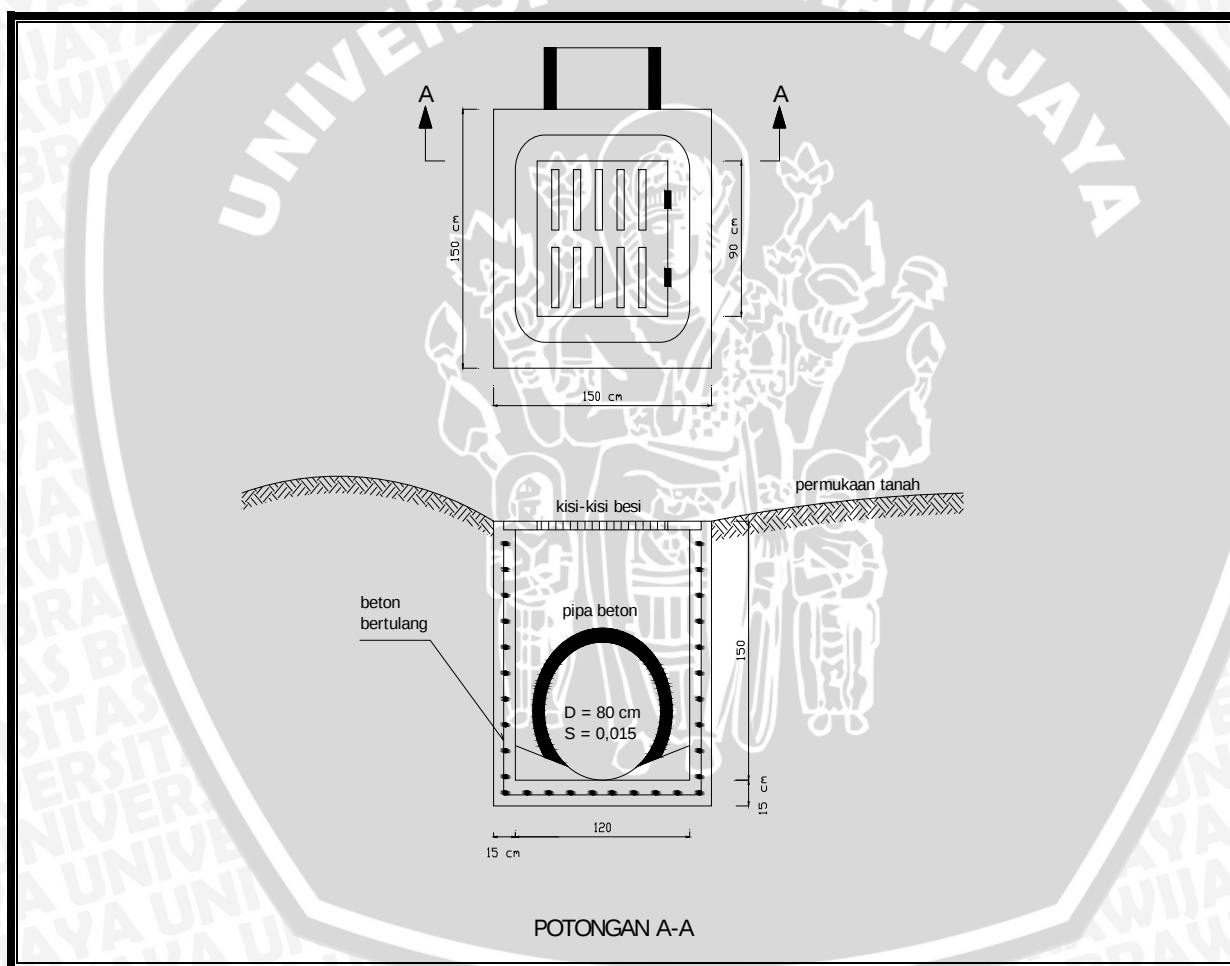
Gambar 4.11. Grafik analisis kapasitas saluran bawah permukaan terhadap debit banjir rancangan outlet G



Gambar 4.12. Grafik analisis kapasitas saluran bawah permukaan terhadap debit banjir rancangan outlet H

4.9. Perencanaan *Inlet*, *Manholes* dan Penempatan Saluran Pipa

Inlet merupakan bak pengumpul air yang akan dibuang dari areal drainasi lapangan terbang menuju sistem perpipaan bawah tanah. Letak bak pengumpul tergantung pada konfigurasi bandar udara dan rencana perataan tanah, bak pengumpul ditempatkan pada bagian *shoulder* sesuai dengan kebutuhan pada titik terendah. Detail perencanaan dimensi bak pengumpul dan bahan-bahan yang digunakan ditampilkan pada Gambar 4.13.

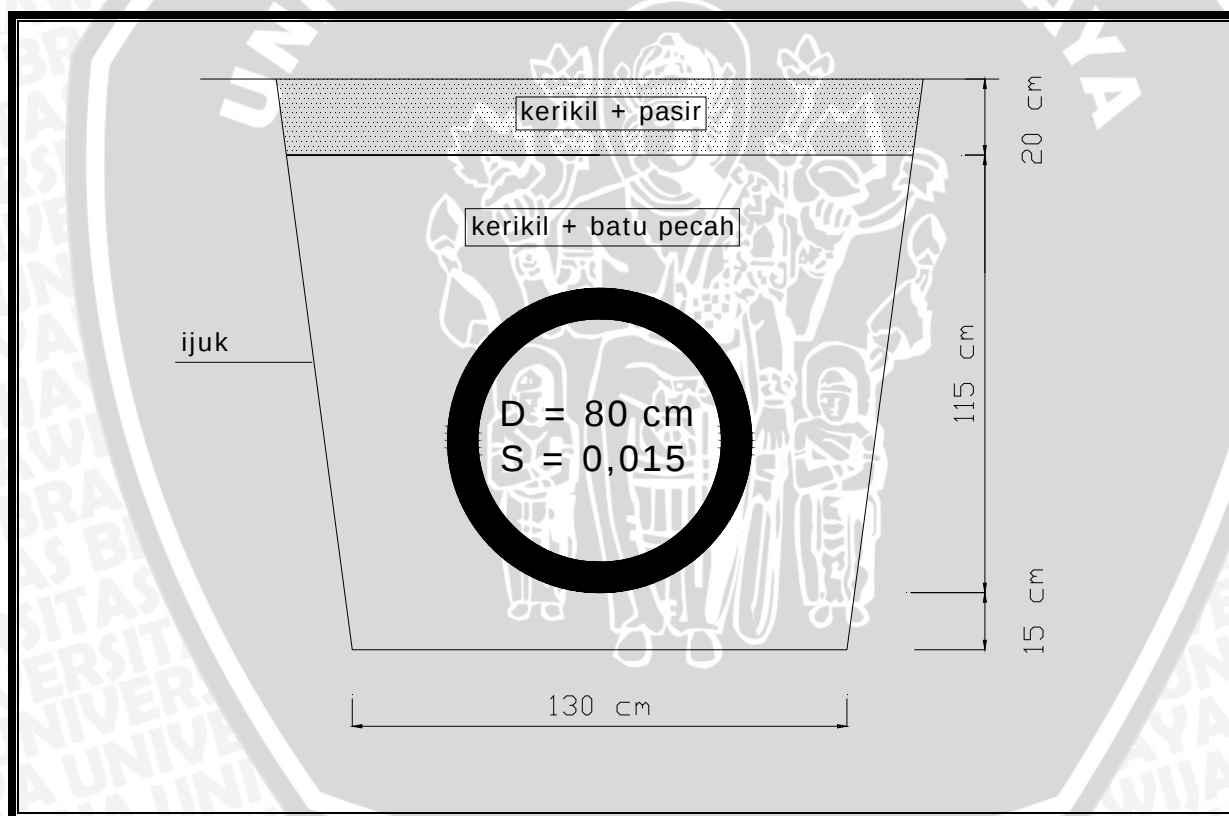


Gambar 4.13. Denah detail dan potongan melintang inlet yang direncanakan

Dalam studi ini inlet diletakkan secara lateral pada *shoulder* pada jarak 40 m dari sisi lapangan terbang (runway), dengan jarak antar *inlet* ± 100 m. Jumlah *inlet* yang direncanakan sebanyak 70 titik *inlet*, dan 8 titik *manholes* (lubang kontrol).

Pipa yang digunakan adalah pipa beton bertulang. Penggunaan pipa beton bertulang ini dari segi teknis lebih menguntungkan daripada pipa besi tuang, karena pipa beton tidak mudah berkarat. Dari segi ekonomis juga lebih mudah membentuknya dan tersedia di pasaran.

Perencanaan detail pemasangan saluran pipa beton bawah permukaan dapat dilihat pada Gambar 4.14. Untuk detail gambar saluran pipa bawah permukaan lainnya dapat dilihat pada Lampiran.

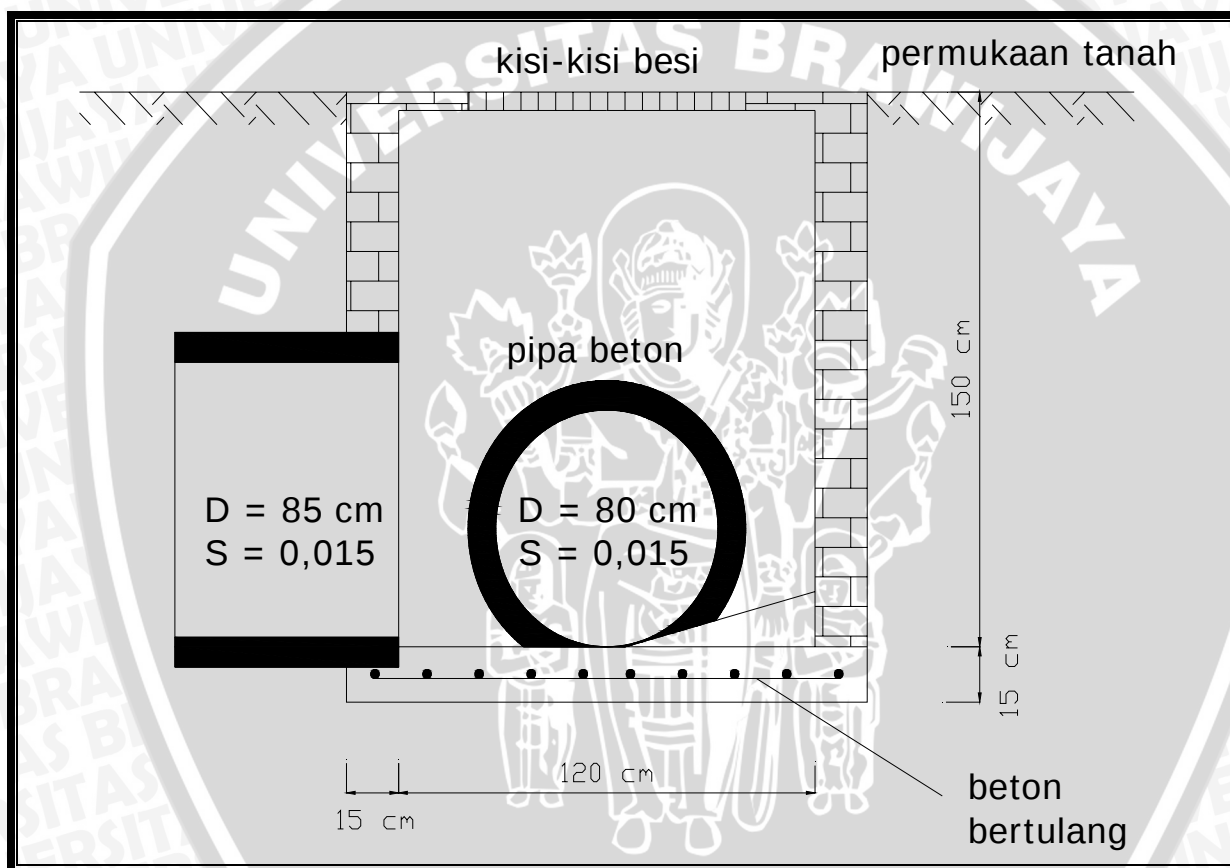


Gambar 4.14. Detail potongan melintang saluran pipa, untuk $D = 80$ cm

Untuk pembersihan dan pemeriksaan, lubang kontrol (*manholes*) digunakan sepanjang saluran drainasi. Selain itu lubang kontrol dapat juga digunakan sebagai saluran inspeksi dan

pemeliharaan sistem drainasi. Pada perencanaan sistem drainasi runway bandar udara Abdulrachman Saleh manholes diletakkan pada suatu daerah *outlet*. Ukuran lubang kontrol dibuat sedemikian sehingga memudahkan bagi petugas untuk memeriksa dan membersihkan saluran drainasi.

Detail perencanaan dimensi lubang kontrol dan bahan-bahan yang digunakan ditampilkan pada Gambar 4.15. Untuk detail gambar lubang kontrol titik lainnya dapat dilihat pada Lampiran



Gambar 4.16. Detail potongan melintang manholes yang direncanakan.

4.10. Perhitungan Struktur Pipa Saluran Drainase Bawah Permukaan

(*Sub Surface Drainage*)

4.10.1 Pembebanan

- a. Beban tanah (*Loosen Rock load*) = q_1

$$q_1 = \gamma_{sat} \cdot h_c \cdot 1 \text{ m}$$

dimana :

$$\gamma_{sat} = \text{ketika kondisi jenuh} = 2,0 \text{ t/m}^3$$

Dari data lapangan didapatkan bahwa kondisi tanah masuk dalam klasifikasi Terzaghi tipe IV (*moderately blocky and seamy*), sehingga faktor beban tanah bernilai :

$$h = \text{jarak tinggi puncak muka tanah terhadap puncak Pipa} = 1,5 \text{ m}$$

$$B = \text{lebar pipa (m)}$$

$$H = \text{tinggi pipa (m)}$$

$$q_1 = 2,0 \cdot 1,5 \cdot 1$$

$$q_1 = 3,0 \text{ t/m}$$

- b. Beban mati (*Dead load*) = q_2

$$q_2 = \gamma_c \cdot A_{\text{beton/B}} \times 1 \text{ m}$$

dimana :

$$\gamma_c = \text{berat isi beton (Unit Weight of Concrete)} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$A = \text{luas beton pada Pipa (m)}$$

$$B = \text{lebar Pipa (m)}$$

$$q_2 = 2,4 \cdot 0,422 / 1,24$$

$$q_2 = 0,816 \text{ t/m}$$

c. Beban hidup (*Live Load*) = q_3

Beban hidup (q_3) = 100 kg/m

d. Tekanan aktif horizontal tanah di samping Pipa (kondisi normal)

h_1 = Elevasi tanah max (pada jarak 156 m dari inlet) – Elevasi tertinggi

Pipa

$$= 495 - 480,7 = 14,3 \text{ m}$$

$$h_2 = 14,3 + 1,24$$

$$= 15,54 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{wet tanah}} = 1,95 \text{ t/m}^3$$

$$K_a = 0,2745$$

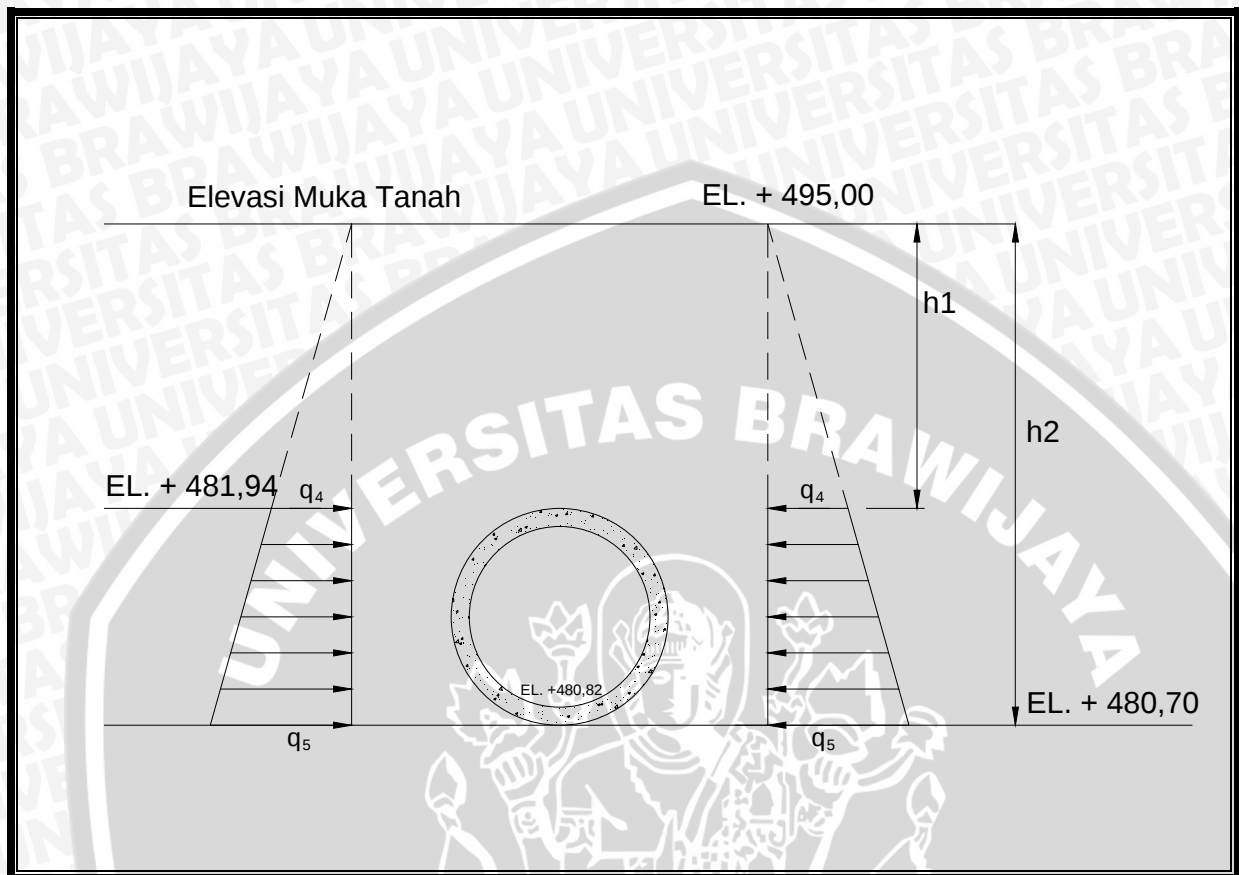
$$K_{ae} = 0,4455$$

Dari data proyek didapatkan K_a dan γ_{wet}

$$\begin{aligned} q_4 &= (K_a \times \gamma_{\text{wet}} \times h_1) \\ &= (0,2745 \times 1,95 \times 14,3) \\ &= 7,654 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_5 &= (K_a \times \gamma_{\text{wet}} \times h_2) \\ &= (0,2745 \times 1,95 \times 15,54) \\ &= 8,318 \text{ t/m} \end{aligned}$$

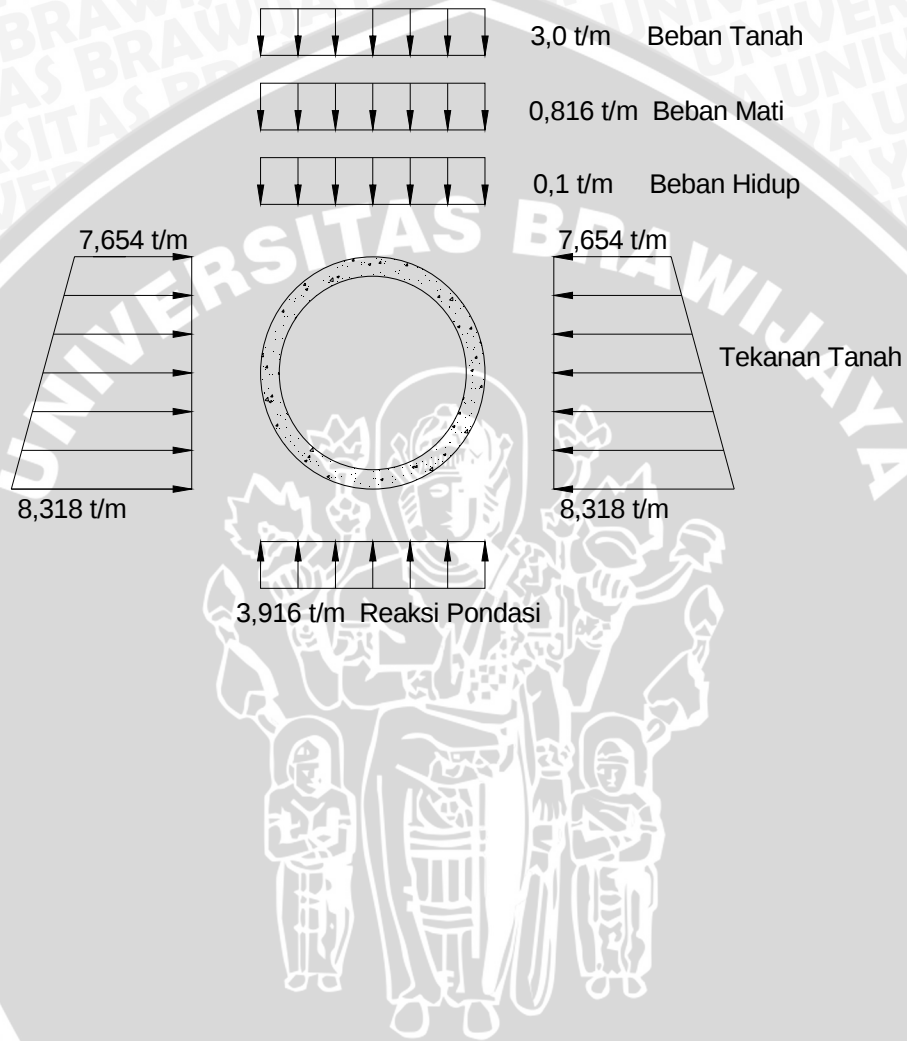




e. Reaksi pondasi = q_6

$$\text{Reaksi pondasi } (q_6) = 3 \text{ t/m} + 0,816 \text{ t/m} + 0,1 \text{ t/m} = 3,916 \text{ t/m}$$

4.10.1 Diagram Pembebanan pipa Drainase



4.10.2 Hasil Perhitungan Staad Pro 2004

Tabel 4.21. Ringkasan Maksimum dan Minimum Gaya Geser, Gaya Normal dan Momen

PLA T	L/C	Geser		Aksial			Momen		
		SQX kg/cm ₂	SQY kg/cm ₂	Sx kg/cm ₂	Sy kg/cm ₂	Sxy kg/cm ₂	Mx kgm/ m	My kgm/ m	Mxy kgm/ m
9	B.Hidup	16,77							
10	Tanah Kanan	16,873							
10	B.Hidup		24,689						
64	B.Hidup		-24,69						
25	Tanah Kanan			7,138					
29	Tanah Kanan			-9,907					
26	Tanah Kanan				13,35				
26	B.Hidup				13,727				
9	B.Hidup					9,189			
63	B.Hidup					-9,189			
10	Tanah Kanan						5305		
10	B.Hidup						-4791		
10	Tanah Kanan							641,79	
10	B.Hidup							-570,3	
10	Tanah Kanan								2013,8
64	Tanah Kanan								-2014

4.1 Penulangan Konstruksi Pipa Drainase

Dalam perhitungan penulangan konstruksi pipa ini, digunakan pedoman standar perencanaan beton bertulang Indonesia (SNI03-2847-2002). Perhitungan ditinjau berdasarkan momen yang terjadi, yaitu pada momen maksimum.

Beberapa parameter yang digunakan dalam perencanaan penulangan konstruksi pipa adalah sebagai berikut :

a. Data Pipa Drainase

Bentang Pipa Drainase (b) = 1 m = 1000 mm

Tebal dinding Pipa (h) = 120 mm

Tebal selimut beton (d') = 30 mm

b. Modulus Elastisitas dan Rasio Poisson

Poisson Ratio Beton, ν_c = 0.3

Modulus Elastisitas Beton, E_c = $4700 \sqrt{f'_c}$
 = $4700 \sqrt{25 \text{ MPa}}$
 = 23500 Mpa = 235000 kg/cm²

Poisson Ratio Baja, ν_s = 0.25

Modulus Elastisitas Baja, E_s = $2.1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

c. Tegangan Izin Beton

Mutu beton f'_c = 25 Mpa = 250 kg/cm²

f_c = $0.45 \times 25 \text{ Mpa} = 11.25 \text{ Mpa}$

f_s = 120 Mpa

d. Tegangan Izin Baja

Mutu baja f_y (polos) = 240 Mpa = 2400 kg/cm²

4.1.1 Penulangan Pipa Drainase

Penulangan Lapangan

- Tinggi efektif (d) = $h - d' = 120 - 30 = 90 \text{ mm}$
- Momen Lapangan = 0,641 tm = 6286 Nmm
- Jumlah tulangan n = 9

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 * 0,0538 = 0,0403$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,006$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 * 25}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} = 0,0538$$

$$m = \frac{f'c}{f'c + \frac{f_s}{n}}$$

$$m = \frac{11,25}{11,25 + \frac{120}{9}} = 0,4576$$

$$j = 1 - 1/3m$$

$$j = 1 - 1/3(0,4576) = 0,8475$$

$$k = 1/2 \times f_c' \times m \times j$$

$$k = 1/2 \times 11,25 \times 0,4576 \times 0,8475 = 2,181 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{2} \times \frac{m f_c'}{f_s}$$

$$\rho = \frac{1}{2} \times \frac{(0,4576) \times (11,25)}{120} = 0,02145$$

$$m \times d = 0,4576 \times 90 = 41,184 \text{ mm}$$

$$A_s = \rho b d = 0,02145 \times 1000 \times 90 = 1.930,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{M}{f_s \cdot j d} = \frac{6286}{120 \times 0,8475 \times 90} = 0,6877 \text{ mm}^2$$

Digunakan $\square 8 - 200 (251 \text{ mm}^2)$

$$A_s' = 20\% \times A_s = 0,2 \times 141 = 28,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan $\square 8 - 200 (251 \text{ mm}^2)$

- Sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12 dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi

untuk $f_y = 240 \text{ Mpa}$,

$$A_s' = \frac{0,25bd}{100} = \frac{0,25 * 1000 * 90}{100} = 225 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan bagi $\square 8 - 200$ ($A_s' = 251 \text{ mm}^2$)

Penulangan Tumpuan

➤ Tinggi efektif (d) = $h - d' = 120 - 30 = 90 \text{ mm}$

➤ Momen Tumpuan = $5305 \text{ kgm} = 52024 \text{ Nmm}$

➤ $\rho_{\max} = 0,75\rho_b = 0,75 * 0,0538 = 0,0403$

➤ $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,006$

➤ $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 * 25}{240} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 240} = 0,0538$

➤ $m = \frac{f_c'}{f_c' + \frac{f_s}{n}}$

$$m = \frac{11,25}{11,25 + \frac{120}{9}} = 0,4576$$

➤ $j = 1 - 1/3m$

$$j = 1 - 1/3(0,4576) = 0,8475$$

➤ $k = 1/2 \times f_c' \times m \times j$

$$k = 1/2 \times 11,25 \times 0,4576 \times 0,8475 = 2,181 \text{ Mpa}$$

➤ $\rho = \frac{1}{2} \times \frac{m f_c'}{f_s}$

$$\rho = \frac{1}{2} \times \frac{(0,4576)(11,25)}{120} = 0,02145$$

➤ $m \times d = 0,4576 \times 90 = 41,184 \text{ mm}$

$$\text{➤ } A_s = \rho b d = 0,02145 \cdot 1000 \cdot 90 = 1930,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{➤ } A_s = \frac{M}{f_s \cdot j d} = \frac{52024}{120 \cdot 0,8475 \cdot 90} = 5,684 \text{ mm}^2$$

Digunakan $\square 8 - 200 (251 \text{ mm}^2)$

$$\text{➤ } A_s' = 20\% \times A_s = \frac{20}{100} \times 251 = 50,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan $\square 8 - 200 (251 \text{ mm}^2)$

- Sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12 dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk $f_y = 240 \text{ Mpa}$,

$$A_s' = \frac{0,25 b d}{100} = \frac{0,25 \cdot 1000 \cdot 90}{100} = 225 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan bagi $\square 8 - 200 (251 \text{ mm}^2)$

