

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kolam Retensi

Kolam retensi atau *retention basin* merupakan cekungan atau genangan yang memiliki kemampuan menampung air serta menyerap air ke dalam cekungan tersebut. Berdasarkan jenisnya kolam retensi memiliki 2 model yaitu kolam yang berasal dari alam dan kolam buatan manusia (PUPR, 2016).

Kolam yang berasal dari alam merupakan dataran rendah atau genangan yang membentuk kolam dan telah ada secara alami serta mampu diterapkan dalam kondisi alami atau diperlukan perubahan. Perencanaan untuk kolam retensi menggabungkan fungsi sebagai tempat penyimpanan air dan pemanfaatan air. Fungsi kolam retensi selain sebagai tempat penampungan air, juga digunakan sebagai resapan pada lapangan sepak bola ataupun danau alami dan dimanfaatkan sebagai wisata edukasi ataupun taman edukasi.

Kolam buatan yaitu suatu kolam dengan perencanaan serta didesain sehingga memberikan volume dan bentuk sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan. Kolam model ini, mengisyaratkan air yang mengalir melalui saluran masuk harus mampu ditampung sesuai dengan perencanaan awal dikarenakan kolam tersebut digunakan untuk mereduksi debit banjir.

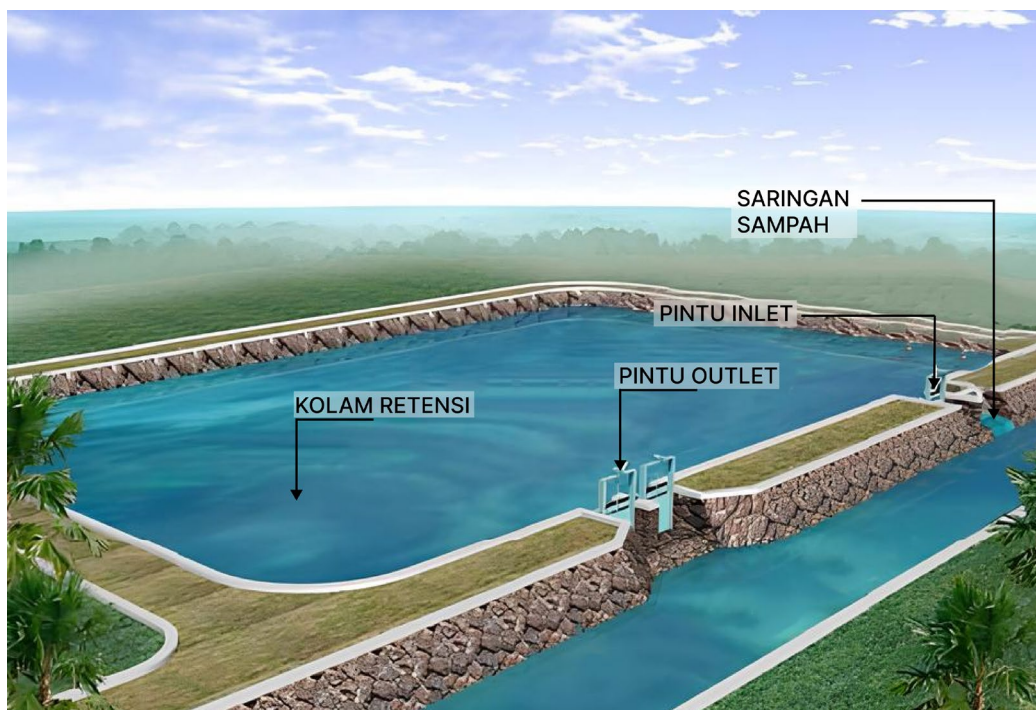
Fungsi utama kolam retensi yaitu sebagai media pengganti lahan resapan yang telah mengalami perubahan seperti perumahan, perkantoran, dan area industri yang minim adanya resapan. Selain itu kolam retensi memiliki fungsi lain yaitu digunakan untuk pengendalian banjir, distribusi air, pengelolaan limbah dengan mempertimbangkan volume yang dibutuhkan yang tertampung ke dalam kolam retensi (Wahyudi & Adi, 2016).

2.1.1 Macam-Macam Kolam Retensi

Kolam retensi memiliki beberapa tipe lokasi sesuai dengan kebutuhan dan kondisi sekitar. Air yang dikeluarkan bersumber dari kolam kemudian dialirkan secara gravitasi (*gravity*), akan tetapi untuk sungai atau laut dengan ketinggian elevasi yang tinggi daripada kolam maka diperlukan perencanaan pompa (*non gravity*). Beberapa model kolam meliputi:

a. Model kolam retensi pada bagian samping sungai

Model ini mencakup bagian meliputi pintu saluran masuk, kolam retensi, konstruksi pengatur muka air, pintu saluran keluar, jalan inspeksi, mercu rendah di bagian depan pintu saluran keluar, filter sampah (*trashrack*). Kolam retensi model ini sesuai diterapkan jika terdapat area yang cukup luas sebagai lokasi kolam agar kapasitas yang diperoleh bisa optimal. Keuntungan jenis ini yakni minimnya gangguan pada alur sistem yang sudah ada, serta kemudahan dalam hal pengelolaan dan pemantauan.

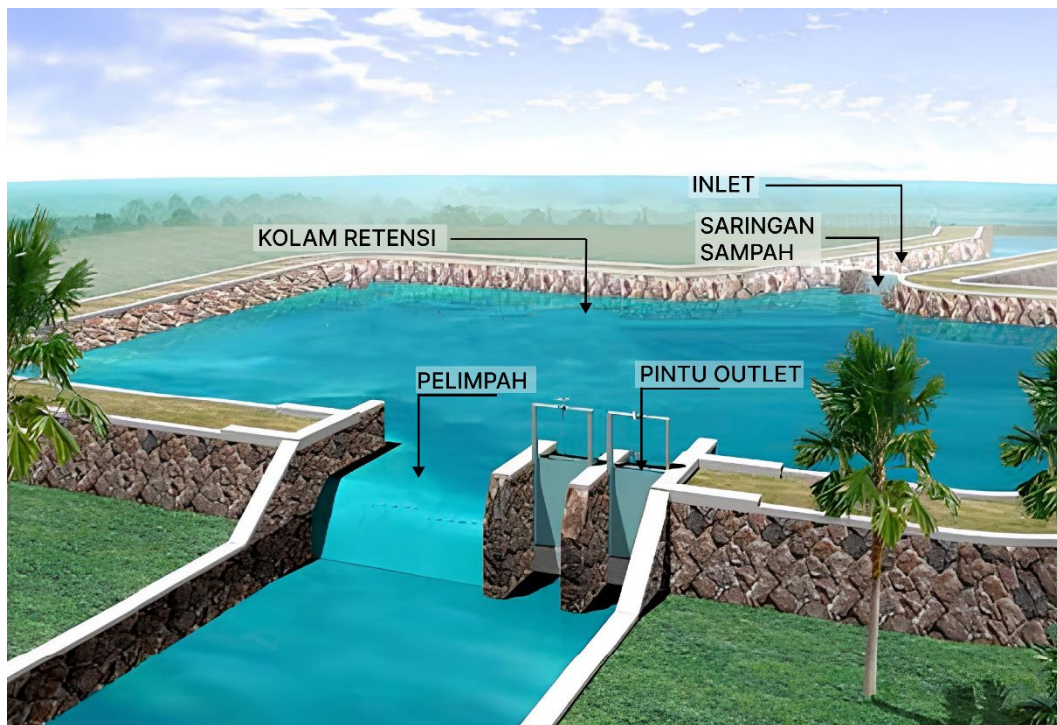


Gambar 2. 1 Ilustrasi Model Samping

Sumber: PUPR,2012

b. Model kolam retensi didalam aliran sungai

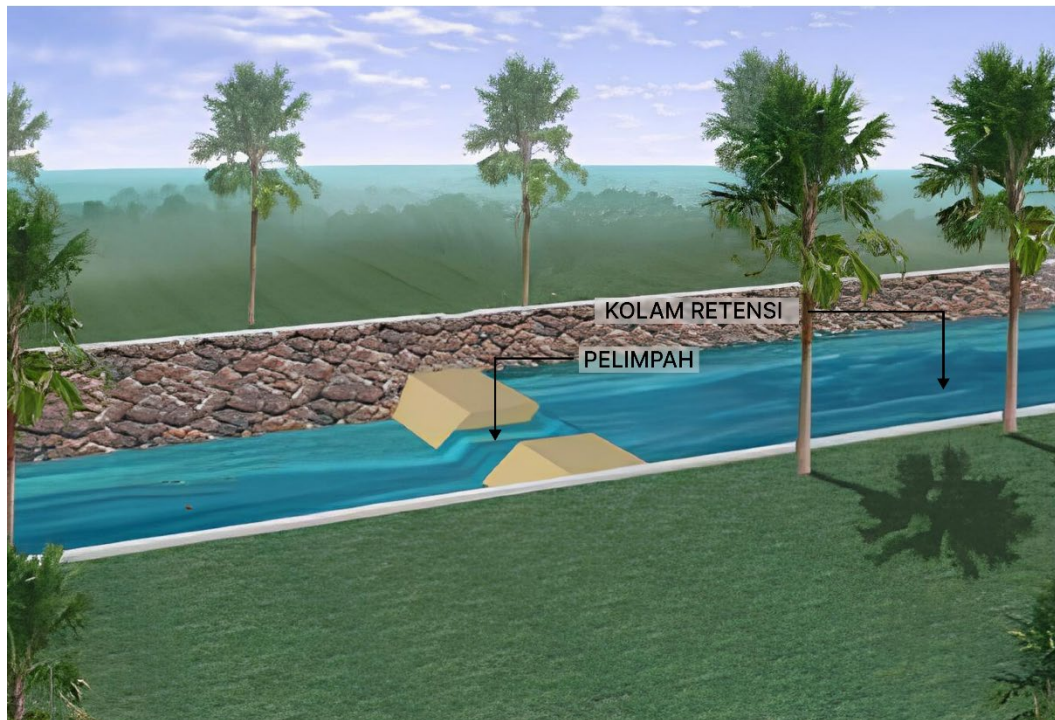
Kolam retensi model ini mencakup elemen meliputi tanggul, pintu saluran keluar, kontruksi pengatur muka air, filter sampah (*trashrack*) dan kolam sedimen. Jenis ini digunakan lahan yang ada sangat terbatas. Kelemahan dari model ini yaitu daya tampung kolam yang terbatas, penerapan yang lebih sulit, dan perawatan yang cukup tinggi.



Gambar 2. 2 Ilustrasi Model aliran sungai
Sumber: PUPR,2012

c. Model kolam retensi didalam aliran sungai tipe memanjang (*long storage*)

Kolam dengan model ini diterapkan ketika lahan yang tidak tersedia, maka opsi yang digunakan yaitu menggunakan saluran yang ada. Kekurangan dari model ini yaitu daya tampung yang terbatas, dan penerapan yang sulit. Sedangkan saluran masuk dan saluran keluar yang terletak pada ujung kolam. Kelebihan yang diperoleh ketika menggunakan kolam retensi tipe ini yaitu, waktu sedimentasi yang lebih cepat mengendap.

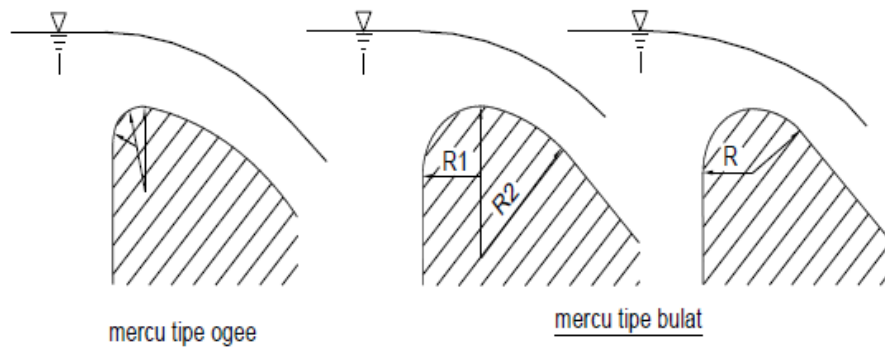


Gambar 2. 3 Ilustrasi Model *Long Storage*
 Sumber: PUPR, 2012

2.1.2 Komponen Pelengkap pada Kolam Retensi

1. Pelimpah

Di Indonesia umumnya terdapat dua tipe desain pelimpah yaitu model Ogee dan tipe bulat. Berikut ini citra dari bentuk pelimpah Ogee dan model bulat yang dipakai. Pelimpah bulat sendiri mempunyai nilai faktor debit yang lebih tinggi sebesar 44% dibandingkan ambang lebar yang memberikan manfaat dapat meminimalkan elevasi muka air di hulu selama banjir. Sedangkan pada tipe Ogee sendiri memiliki keuntungan yaitu fleksibilitas desain yang memungkinkan penyesuaian dengan kondisi topografi serta desain memiliki desain yang beragam (KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR, 2013).



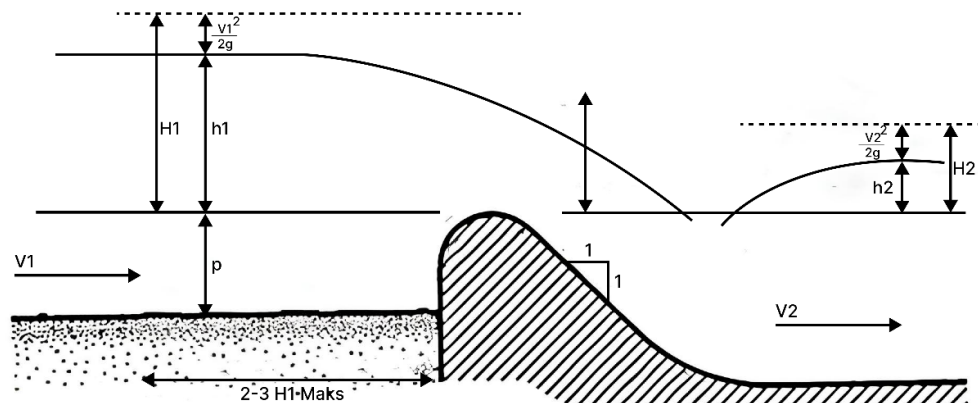
Gambar 2. 4 Tipe Ogee

Sumber: KP-02,2013

Baik model Ogee maupun bulat mampu diterapkan dalam konstruksi beton, konstruksi batu kali, atau kombinasi dari kedua komponen tersebut. Kemiringan maksimal muka pelimpah pada hilir dengan perbandingan 1 (satu) : 1 (satu) batas pelimpah dengan muka hilir vertikal memiliki kemungkinan memberikan manfaat jika material pondasi yang digunakan batu keras dan tidak diperlukan kolam olak. (PUPR, 2013)

a. Pelimpah Bulat

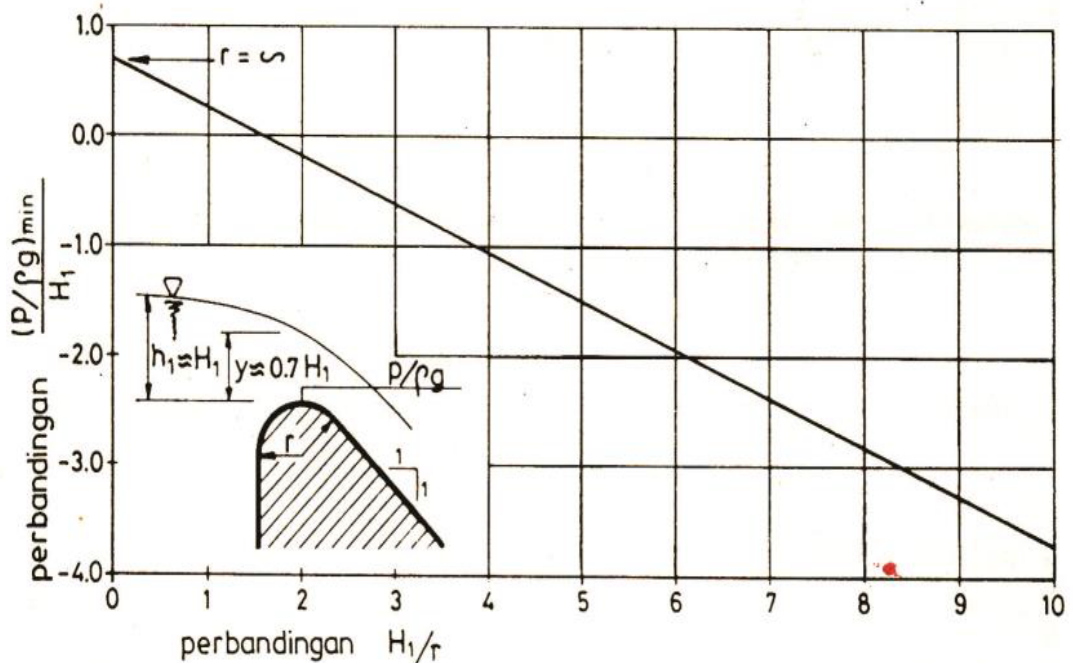
Pelimpah yang memiliki desain pelimpah bulat memperoleh nilai faktor yang melebihi 44% dibandingkan dengan nilai faktor pelimpah ambang lebar. Kondisi ini memiliki manfaat besar di sungai, karena struktur ini akan berkontribusi dalam mengurangi ketinggian air di hulu saat terjadi banjir. Tekanan yang ada pada pelimpah tergantung pada hubungan diantara H_1 dan r (H_1/r). Untuk pelimpah yang memiliki 2 jari-jari (R_2) hilir dipergunakan untuk mengetahui nilai faktor debit. Untuk mencegah terjadinya bahaya kavitasasi lokal, penting untuk membatasi tekanan minimum pada sebuah pelimpah bendung.



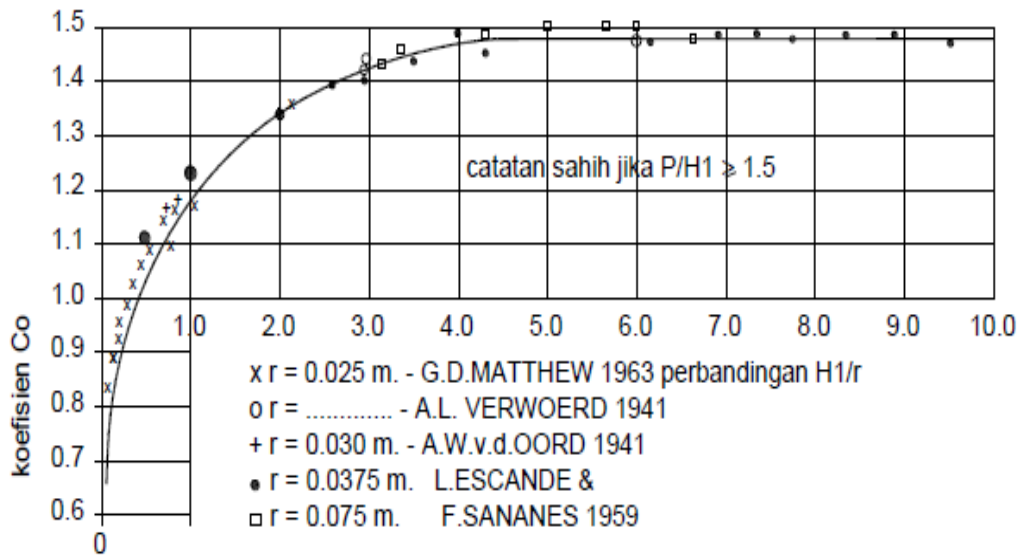
Gambar 2. 5 Detail Mercu
 Sumber: KP-02,2013

Dari citra diatas dapat dilihat bahwa jari-jari pelimpah material batu kali memiliki panjang terendah 0,3 dan tertinggi 0,7 kali H_1 . Sedangkan pelimpah material beton terendah 0,1 – tertinggi 0,7 kali H_1 . Berikut persamaan yang digunakan.

$$Q = Cd \times \frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times g \times b \times H1^{\frac{3}{2}} \quad (2.1)$$

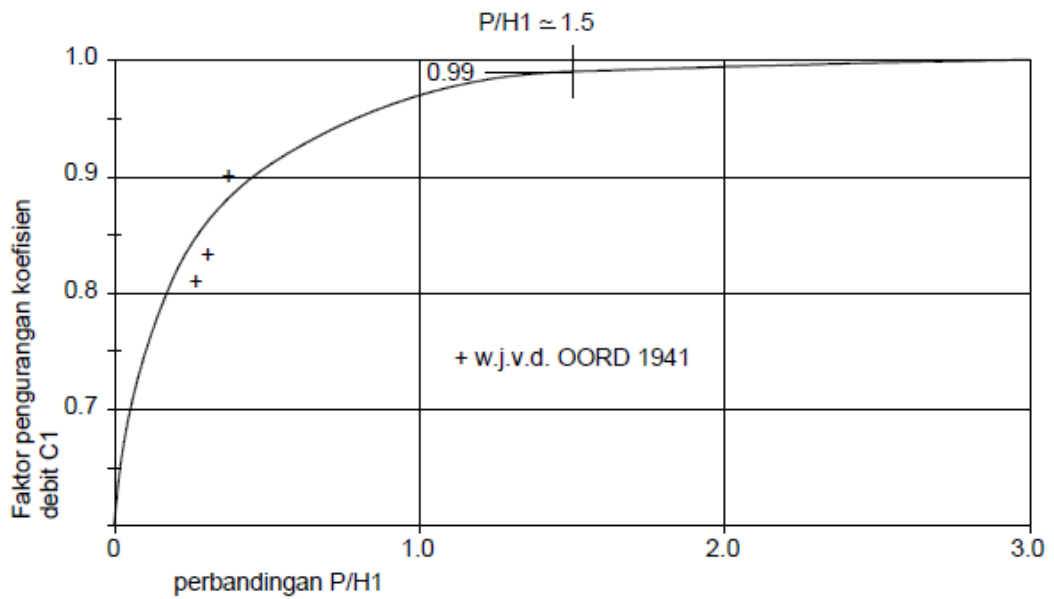


Gambar 2. 6 Grafik Perbandingan P/ρg
 Sumber: KP-02,2013



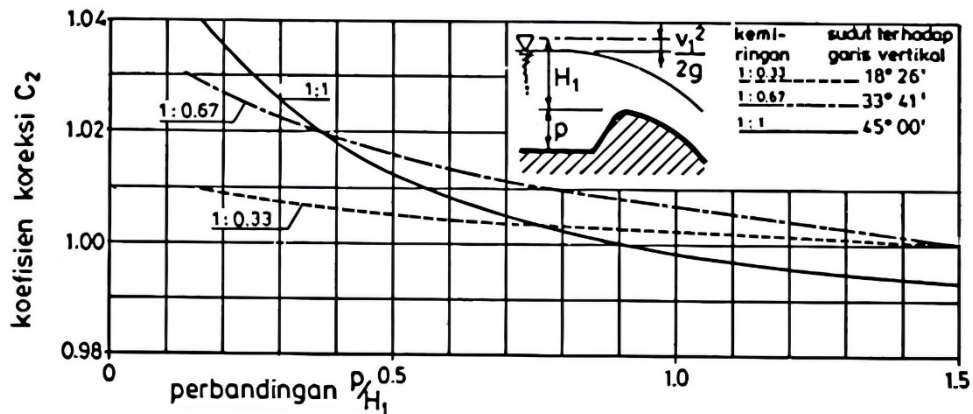
Gambar 2. 7 Grafik Coefisien C0

Sumber: KP-02,2013



Gambar 2. 8 Grafik Perbandingan C1

Sumber: KP-02,2013



Gambar 2. 9 Grafik Perbandingan C2

Sumber: KP-02,2013

b. Pelimpah Ogee

Karakteristik pelimpah ini tidak menciptakan tekanan subatmosfir pada bidang atas pelimpah saat air mengalir melalui bendung pada debit yang telah direncanakan. Namun, ketika debit air lebih rendah membuat tekanan bekerja ke arah bawah pada pelimpah. Persamaan yang diperlukan untuk merencanakan permukaan hilir pada mercu tipe ogee telah dikembangkan oleh U.S. Army Corps of Engineers, berikut persamaan tersebut:

$$\frac{Y}{hd} = \frac{1}{k} \times \left[\frac{x}{hd} \right]^n \quad (2.2)$$

Tabel 2. 1 Nilai K dan n berdasarkan Kemiringan Permukaan Hilir

Kemiringan Permukaan Hilir	K	n
Vertikal	2	1,85
3:01	1,936	1,836
3:02	1,939	1,81
1:01	1,873	1,776

Sumber: KP-02,2013

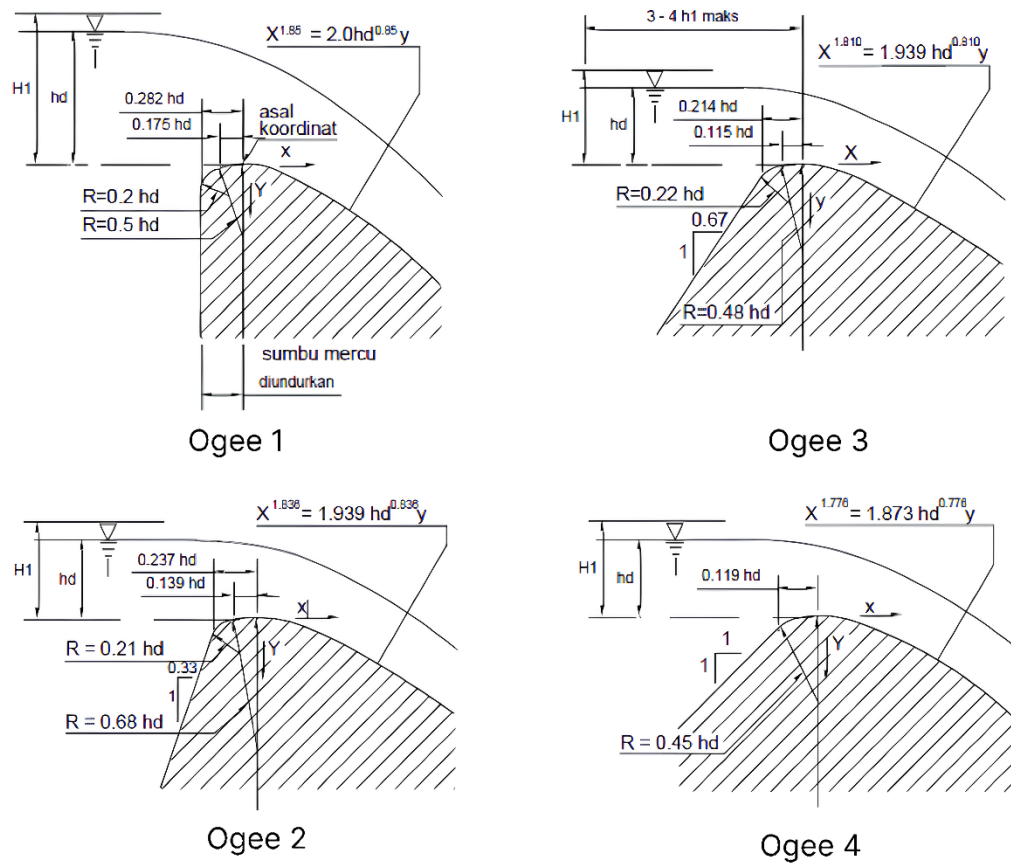
Komponen hulu mercu memiliki variasi sesuai dengan *slope* permukaan hilir. Untuk menentukan tipe Ogee pada suatu pelimpah hal yang perlu ditinjau yaitu (Mays, 2010) :

1. Karakteristik Hidrologis dan Hidrografi
2. Topografi Teknis
3. Analisis Hidrolik

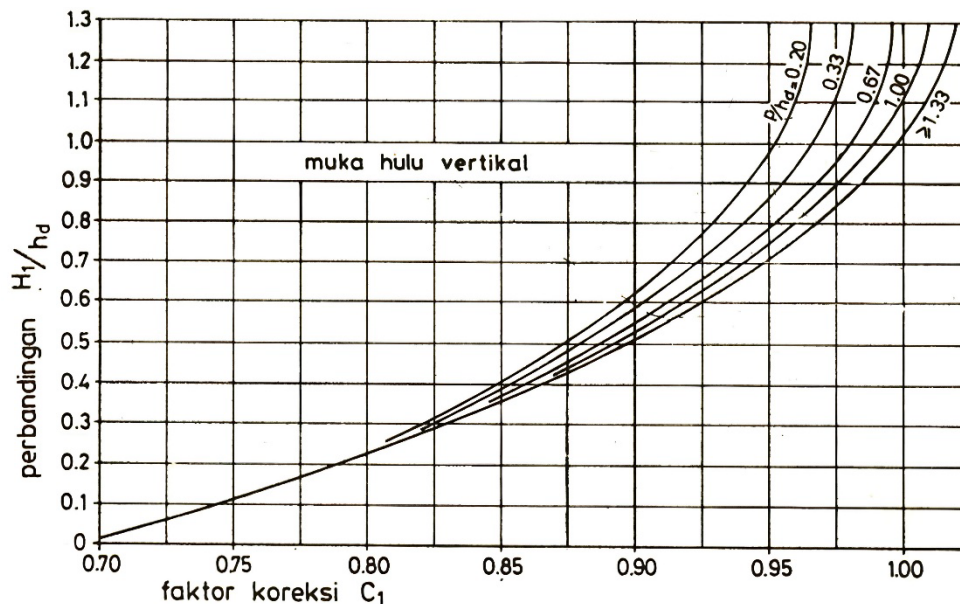
4. Pertimbangan Struktural

Persamaan tinggi energi dan debit untuk pelimpah model Ogee yaitu:

$$Q = Cd \times \frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times g \times b \times H1^{\frac{1}{5}} \quad (2.3)$$



Gambar 2. 10 Tipe Mercu
Sumber: KP-02,2013



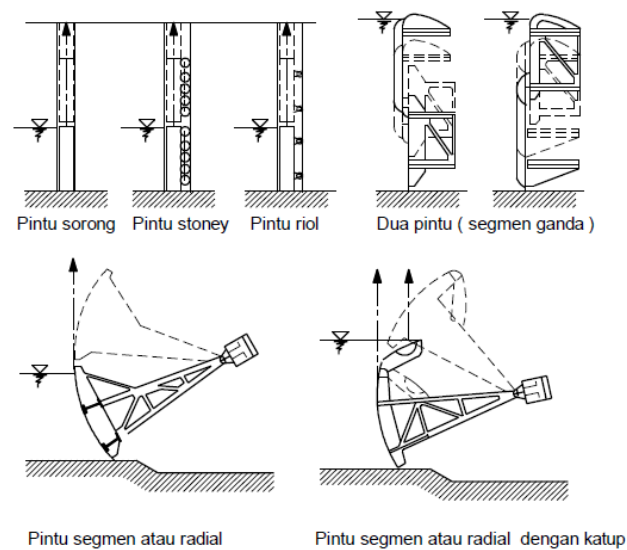
Gambar 2. 11 Faktor Koreksi C_1

Sumber: KP-02,2013

5. Pintu
 - Kriteria tipe pintu yang digunakan sebagai inlet berdasarkan Kp-02 halaman 87 yaitu sebagai berikut:
 - a. Pintu Geser

Pintu Geser digunakan dengan batas maksimal 300 cm dan lebar maksimal 300 cm. Model pada pintu cenderung dipergunakan untuk bukaan yang lebih kecil, hal itu dikarenakan pada pembuka yang memiliki ukuran besar komponen pengangkatnya akan memiliki beban lebih berat.
 - b. Pintu Ganda (dua Pintu)

Pintu Ganda menggunakan 2 pintu adalah pintu geser yang terbentuk dari 2 pintu yang tidak memiliki berhubungan serta tidak dapat diturunkan. Oleh karena itu, pintu ini dapat digunakan ketika debit melimpah dan ketika debit dasar. Penggunaan pintu ini memiliki kelebihan karena dapat dioperasikan dengan menggunakan alat angkat yang lebih ringan sehingga lebih mudah dalam penggunaannya.



Gambar 2. 12 Tipe Pintu Air

Sumber: KP-02,2013

c. Pintu Radial

Pintu radial memiliki keunggulan karena tidak ada gaya gesekan yang perlu diperhitungkan. Perangkat pengangkatnya dapat dirancang kecil dan ringan. Biasanya, pintu radial memiliki kemampuan untuk mengarahkan air ke bagian atas pintu, dengan cara mengaktifkan katup pada bagian atas pintu. Aliran air di atas memiliki manfaat untuk membersihkan benda asing yang mungkin terbawa oleh arus di atas bendungan.

6. Trashrack (kisi-kisi penyaring)

Filter sampah atau Trashrack adalah sejenis penyaring yang terbuat dari pelat besi, trash rack berfungsi untuk menyaring sampah atau benda asing tidak memasuki bangunan. Trashrack ditempatkan secara horizontal dalam bangunan. Beberapa persyaratan terkait trash rack meliputi:

- Trashrack tidak boleh terbuat sejenis kayu dengan ketentuan menggunakan besi padat dengan antara 0,3 sampai 0,4 cm
- Trashrack dipasang dengan bukaan yang lebar, tergantung pada ukuran sampah yang tersaring, dengan bukaan antara 5 cm – 10 cm.
- Trashrack sebaiknya mampu menahan tekanan air terutama ketika ada penyumbatan dan air mencapai kondisi elevasi maksimal.

- Kemiringan Trashrack sesuai dengan standar yang berlaku yaitu antara 65 - 75° derajat agar mudah ketika melakukan pembersihan.
- Trashrack harus memiliki sistem lepas pasang dari struktur sipil untum mempermudah akses perbaikan dan pembersihan.

2.1.3 Pompa

Pompa memiliki berbagai fungsi salah satunya sebagai fasilitas drainase perkotaan atau disebut juga (*Stormwater Pumping*) pompa air ini dirancang untuk mendistribusikan aliran dari suatu wilayah ke wilayah lainnya yang terletak pada ketinggian yang lebih tinggi. Beberapa model pompa yang umumnya digunakan yaitu:

1. Pompa Sentrifugal Submersible
2. Pompa Sentrifugal Permukaan
3. Pompa Screw
4. Pompa Axial

Pada umumnya semua pompa diatas merupakan pompa yang bekerja menggunakan tenaga listrik, sedangkan beberapa pompa juga bekerja menggunakan tenaga diesel. (Hicks & Edwards, 1996)

2.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi digunakan untuk memperoleh aspek hidrologi yang memuat mengenai data serta informasi di daerah aliran sungai atau drainase yang diperlukan untuk melakukan analisa sehingga memperoleh nilai debit rencana sehingga bisa melakukan perencanaan bangunan hidrolis. Pada umumnya analisis ini merupakan analisis awal dalam perencanaan bangunan hidrolis, meliputi tanggul, drainase, bendung, kolam retensi dan lain sebagainya (Wahyudi & Adi, 2016).

2.2.1 Daur Hidrologi

Awal dari siklus hidrologis dimulai dengan menguapnya air dari laut atau samudera. Uap air membentuk gumpalan awan dan terbawa ke atas daratan oleh udara yang bergerak. Setelah itu ketika suhu menjadi lebih dingin mencapai titik embunnya, maka uap air tersebut akan membeku menjadi butiran air kemudian

dapat dilihat dan membentuk awan yang lebih tebal atau kabut. Dalam kondisi ini, butiran-butiran air kecil tersebut akan berkembang cukup besar dari waktu ke waktu untuk dapat jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan.

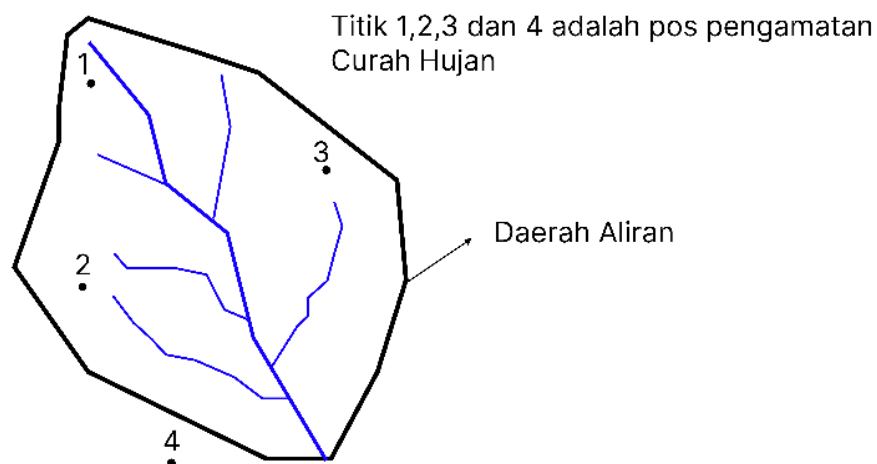
2.2.2 Curah Hujan Rerata

Perhitungan ini berguna untuk para ahli hidrologi karena memuat Informasi penting yaitu curah hujan wilayah pada banyak stasiun hujan. Untuk dapat menunjukkan besarnya curah hujan di suatu daerah, diperlukan alat pengukur hujan yang cukup. Semakin banyak alat pengukur dipasang di lapangan maka akurasi curah hujan yang didapat akan meningkat. Beberapa cara untuk menganalisa hujan wilayah yaitu :

1. Metode Aljabar

Metode aljabar merupakan metode perhitungan curah hujan rerata yang sederhana, komponen yang diperlukan untuk melakukan perhitungan hanya terdiri dari membagi rata-rata pembacaan semua stasiun curah hujan dengan jumlah stasiun di daerah tersebut. Metode ini menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{\Sigma (R_{\text{satu}} + R_{\text{dua}} + \dots + R_n)}{n} \quad (2.4)$$



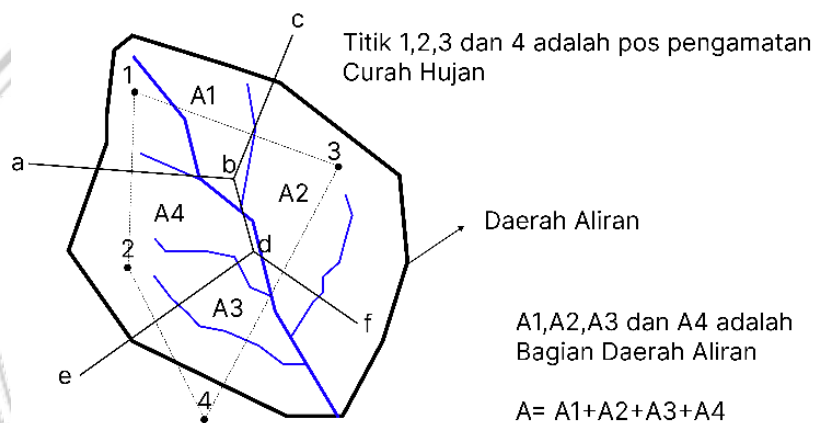
Gambar 2. 13 Ilustrasi Curah Hujan Rerata dengan Metode Aljabar

Sumber: Armus, R, dkk. 2021

2. Metode Polygon Thiessen

Analisa pada metode ini tidak hanya mempertimbangkan jumlah hujan serta besaran stasiun, tetapi juga mempertimbangkan luas yang direpresentasikan oleh setiap stasiun. Luas tersebut memiliki fungsi sebagai faktor nilai untuk melakukan analisa curah hujan rerata untuk daerah tersebut. Metode ini diawali dengan melakukan asumsi bahwa intensitas hujan yang terjadi pada suatu daerah DAS akan sama dengan curah hujan yang tercatat di stasiun berikutnya (yang mewakili luas DAS). Pada metode ini pertimbangan analisa yang digunakan yaitu luas daerah pengaruh pada masing masing stasin hujan berikut rumus yang digunakan.

$$d = \sum_{n=1}^n \left(\frac{A_i \cdot d_i}{A} \right) \quad (2.5)$$



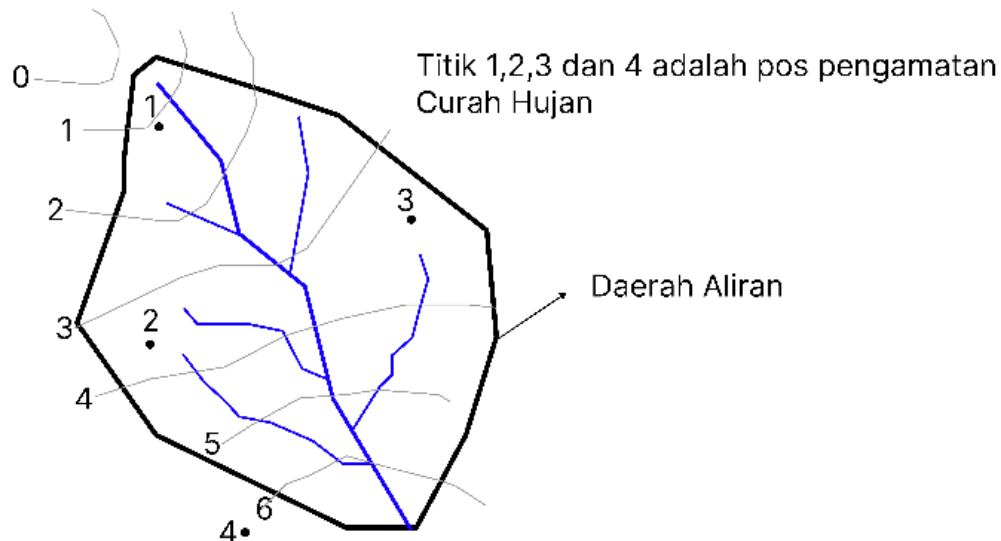
Gambar 2. 14 Ilustrasi Curah Hujan Rerata dengan Metode Polygon Thiessen
Sumber: Armus, R, dkk. 2021

3. Metode Garis Isohyet

Metode memiliki tingkat akurasi yang tinggi untuk menentukan curah hujan rerata regional, tetapi membutuhkan jaringan stasiun pengukuran yang relatif besar dimana isohyet dapat dihasilkan. Perhatikan juga pengaruh perbukitan atau pegunungan terhadap distribusi hujan (hujan orografis). Metode ini mengasumsikan bahwa hujan yang terjadi pada wilayah di antara kedua garis isohyet seragam serta memiliki bobot nilai rata-rata dari kedua garis tersebut. Penggunaan metode ini disarankan melakukan penggambaran kontur terlebih dahulu dengan ketinggian hujan yang seragam (*isohyet*), kemudian luas bagian di antara isohyet

yang berdekatan dilakukan pengukuran, dan nilai koefisien rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang dari nilai kontur, dengan rumus sebagai berikut:

$$d = \frac{\sum_{n=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} A_i}{A} \quad (2.6)$$



Gambar 2. 15 Ilustrasi Curah Hujan Rerata dengan Metode Isohyet

Sumber: Armus, R, dkk. 2021

2.2.3 Uji Konsistensi Data Hujan

Dalam suatu data pengamatan curah hujan biasanya terdapat data yang tidak konsisten. Sehingga diperlukan uji konsistensi sebagai upaya dalam membenahi data yang menyimpang, sehingga data hujan dan data tersebut layak dipakai dalam analisis (Kamiana, 2011).

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi apakah data yang ada konsisten ataupun tidak. Evaluasi terhadap data hujan yang konsisten atau belum melalui berbagai macam cara diantaranya:

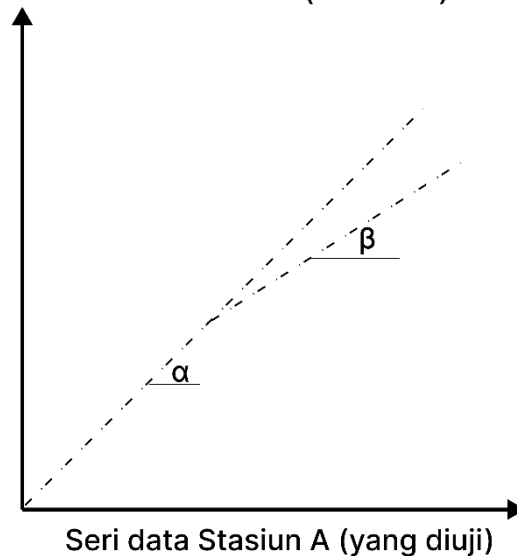
1. Metode Kurva Massa Ganda

Penggunaan metode ini menggunakan beberapa stasiun hujan untuk melakukan pengujian, Langkah awal yaitu menentukan stasiun hujan yang diuji kemudian menentukan stasiun hujan sebagai titik acuan atau referensi. Penggunaan stasiun acuan bisa menggunakan rerata dari beberapa pos hujan sekitar. Nilai data dapat diilustrasikan menggunakan grafik sistem koordinat kartesius (X dan Y).

Kurva yang terbentuk kemudian dilakukan pemeriksaan apakah ada perubahan kemiringan. Ketika kurva memiliki bentuk garis lurus maka dapat dikatakan data tersebut konsisten. Apabila didapatkan perubahan seperti patahan kemiringan dapat dikatakan bahwa data tersebut tidak konsisten sehingga perlu untuk melakukan koreksi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\beta}{\alpha} \quad (2.7)$$

Seri data Stasiun B (referensi)



Gambar 2. 16 Kurva Massa Ganda

Sumber: Kamiana, 2010

2. Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)

Pada analisa menggunakan RAPS konsistensi data disajikan dengan melakukan pertimbangan jumlah keseluruhan penyimpangan yang terkait angka rerata dengan acuan persamaan yaitu:

$$SK^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (2.8)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{N} \quad (2.9)$$

$$Dy^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{N} \quad (2.10)$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad (2.11)$$

2.2.4 Distribusi Probabilitas

Analisa distribusi frekuensi dilakukan guna mendapatkan angka hujan rencana atau debit rencana. Pada umumnya analisa ini menggunakan metode: Normal, Log Person Type III, Gumbel, dan Log Normal. pemilihan metode distribusi probabilitas yang tepat dilakukan dengan melihat parameter data dan syarat pada masing – masing metode tersebut yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Persyaratan Statistik Masing-Masing Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber: Bambang T, 2008

Dimana:

- Koefisien Kepencengan (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \quad (2.12)$$

- Koefisien Kurtois (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} \quad (2.13)$$

- Standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.14)$$

- Data Hujan (X_i)
- Jumlah Data (n)

Selain menggunakan syarat seperti tercantum dalam tabel diatas, agar hasil perhitungan yang didapatkan meyakinkan perlu dilakukan uji menggunakan metode Chi-kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.

1. Distribusi Probabilitas Gumbel

Distribusi ini digunakan pada kondisi data hujan diketahui dalam analisa berbentuk sampel, maka analisa hujan rencana berdasarkan distribusi probabilitas yang sesuai dihitung menggunakan rumus berikut.

$$X_t = \bar{X} + S \times K \quad (2.15)$$

Tabel 2. 3 Tabel Nilai (Sn) dan Nilai (Yn)

n	Sn	Yn	n	Sn	Yn
10	0,9497	0,4952	60	1,1750	0,5521
15	1,0210	0,5128	70	1,1850	0,5548
20	1,0630	0,5236	80	1,9400	0,5567
25	1,0910	0,539	90	1,2010	0,5586
30	1,1120	0,5362	100	1,2060	0,56
35	1,1280	0,5403	200	1,2360	0,5672
40	1,1410	0,5436	500	1,2590	0,5724
45	1,1520	0,5436	1000	1,2690	0,5745
50	1,1610	0,5485			

Sumber: Soemarto, 1987

Tabel 2. 4 Tabel Nilai Reduced Variate (Yt)

Periode Ulang T (Tahun)	Yt
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1255
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: Soemarto, 1987

2. Distribusi Probabilitas Normal

Distribusi ini digunakan pada kondisi data hujan diketahui dalam analisa berbentuk sampel, dihitung menggunakan rumus berikut.

Tabel 2. 5 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	KT
1	1,001	3,05
2	1,005	-2,58
3	1,01	-2,33
4	1,05	-1,64
5	1,11	-1,28
6	1,25	-0,84
7	1,33	-0,67
8	1,43	-0,52
9	1,67	0,25
10	2	0
11	2,5	0,25
12	3,33	0,52
13	4	0,67
14	5	0,84
15	10	1,28
16	20	1,64
17	50	2,05
18	100	2,33
19	200	2,58
20	500	2,88
21	1000	3,09

Sumber: Suripin, 1987

3. Distribusi Probabilitas Log Normal

Distribusi ini digunakan pada kondisi data hujan diketahui dalam analisa berbentuk sampel, dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + KT \times S \text{ Log } X \quad (2.16)$$

4. Distribusi Log Person Tipe III

Distribusi ini digunakan pada kondisi data hujan diketahui dalam analisa berbentuk sampel, dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + KT \times S \text{ Log } X \quad (2.17)$$

Tabel 2. 6 Nilai K untuk Distribusi Log-person III

Koef G	Interval kejadian (<i>Recurrence Interval</i>), tahun (periode ulang)							
	10.101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705

Tabel 2. 6 Nilai K untuk Distribusi Log-person III (Lanjutan)

2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-7.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

Sumber: Soemarto, 1987

2.2.5 Uji Kesesuaian Distribusi

Analisa ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan bagaimanakah persamaan distribusi peluang yang digunakan mampu menggambarkan distribusi statistik data yang dianalisis. Sesuai dengan yang telah dipaparkan, diketahui terdapat dua model uji distribusi probabilitas, yaitu Metode Chi-Kuadrat X^2 dan Metode Smirnov-Kolmogorof.

a) Metode Chi-Kuadrat X^2

Chi-Kuadrat X^2 diterapkan sebagai pengujian simpanga secara vertikal, dengan melakukan pengujian tersebut dapat diketahui apakah hasil distribusi pengamatan sesuai dengan distribusi teoritis. berdasarkan distribusi (sebaran) Chi - kuadrat dengan penjabaran seperlunya, dapat diketahui menggunakan rumus berikut.

$$X^2 = \sum \frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \quad (2.18)$$

Derajat kepercayaan (cr) tertentu yang digunakan adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung menggunakan rumus:

$$Dk = K - (p+1) \quad (2.19)$$

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } n \quad (2.20)$$

Tabel 2. 7 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat (uji satu sisi)

dk	a derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.150	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.712	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.850	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558

Tabel 2. 7 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat (uji satu sisi) (Lanjutan)

25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.464	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	40.892	53.672

Sumber: Soemarto, 1987

b) Metode Smirnov-Kolmogorof

Smirnov-Kolmogorof diterapkan sebagai pengujian simpanga secara horizontal, dengan melakukan pengujian tersebut dapat diketahui apakah hasil distribusi pengamatan sesuai dengan distribusi teoritis. Setelah itu melakukan perbandingan antara Δ maks dan Δ_{cr} , jika Δ maks $<$ Δ_{cr} maka pilihan distribusi frekuensi tersebut dapat diterapkan untuk data yang ada. Berikut rumus yang digunakan pada metode ini.

$$P(X_i) = \frac{n+1}{i} \quad (2.21)$$

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \quad (2.22)$$

Tabel 2. 8 Nilai Kritis Untuk Distribusi Smirnov Kolmogorov

α	0.200	0.100	0.050	0.010
n				
5	0.450	0.510	0.560	0.670
10	0.320	0.370	0.410	0.490
15	0.270	0.300	0.340	0.400
20	0.230	0.260	0.290	0.360
25	0.210	0.240	0.270	0.320
30	0.190	0.220	0.240	0.290
35	0.180	0.200	0.230	0.270
40	0.170	0.190	0.210	0.250
45	0.160	0.180	0.200	0.240
50	0.150	0.170	0.190	0.230
$n > 50$	$\frac{1,07}{n^{0,5}}$	$\frac{1,22}{n^{0,5}}$	$\frac{1,36}{n^{0,5}}$	$\frac{1,63}{n^{0,5}}$

Sumber: Soemarto, 1987

2.2.6 Analisis Intensitas Hujan Rencana

Menganalisis data hujan rencana yang esensial dalam menghitung debit rencana dapat melibatkan:

a) Rumus Van Breen

Pada rumus ini, lama hujan harian diperkirakan terjadi 4 jam terkhusus pada pulau Jawa, dan besaran hujan harian efektif yaitu sembilan puluh persen dari hujan harian maksimal. Berdasarkan hal tersebut, Berbekal hal tersebut maka rumus yang digunakan yaitu:

$$I = \frac{90\% \times X_{24}}{4} \quad (2.23)$$

b) Rumus Mononobe

Rumus monobe diperlukan saat data yang tersedia hanya hujan harian sedangkan data yang diperlukan yaitu data jam-jaman. Berikut rumus yang digunakan:

$$I = \frac{X_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (2.24)$$

2.2.7 Analisis Debit Banjir Rancangan

Analisis debit banjir rancangan dapat dianalisa menggunakan metode analisa banjir rancangan yang biasa digunakan contohnya yaitu: metode rasional, Melchor, dan Weduwen.

1. Metode Rasional

Metode Rasional merupakan rumus yang kebanyakan digunakan. Rumus ini digunakan untuk menghitung puncak debit pada sungai ataupun saluran tetapi dengan daerah pengaliran yang terbatas. Menurut Asdak (2002), disebutkan apabila ukuran daerah pengaliran lebih besar dari 300 ha, maka ukuran pengaliran yang digunakan harus dibagi sehingga membentuk beberapa sub daerah pengaliran yang kemudian diaplikasikan pada masing masing sub daerah tersebut. Metode rasional dapat dianalisis menggunakan rumus berikut.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2.25)$$

Tabel 2. 9 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Pengaliran (C)
Bisnis:	
- Kota Besar	0,70 - 0,95
- Suburban	0,50 - 0,70
Perumahan:	
- Rumah Pribadi	0,30 - 0,50
- Kompleks perumahan	0,40 - 0,60
- Rumah susun	0,60 - 0,75
- Kawasan Pedesaan	0,25 - 0,40
- Apartemen	0,50 - 0,70
Perkerasan:	
- Aspal dan beton	0,70 - 0,95
- Batu bata, paving	0,50 - 0,70
Halaman berpasir:	
- Landai (2%)	0,13 - 0,17
- Terjal (7%)	0,15 - 0,20
Halaman tanah:	
- Landai (2%)	0,13 - 0,17
- Terjal (7%)	0,18 - 0,22
Hutan:	
- Landai 0 - 5%	0,10 - 0,40
- Tidak Rata 5 -10%	0,25 - 0,50
- Berbukit 10 -30%	0,30 - 0,60

Sumber: Saripim, 2004

2. Metode Melchoir

Persamaan yang digunakan dalam proses analisa menggunakan metode Melchior yaitu sebagai berikut.

$$Q_{\max} = \alpha \times I \times A \quad (2.26)$$

3. Metode Weduwen

Persamaan yang digunakan dalam proses analisa menggunakan metode Weduwen yaitu sebagai berikut.

$$Q_{\max} = \alpha \times I \times A \times \beta \quad (2.27)$$

2.2.8 Analisis Aliran Dasar (Base Flow)

Aliran dasar (*base flow*) adalah aliran sungai ketika kondisi minim sewaktu musim kemarau maupun musim hujan. Untuk menghitung aliran dasar digunakan persamaan pendekatan berdasarkan pendekatan Kraijenhoff Van Der Leur (1967)

tentang hidro dengan menggunakan luasan DAS dan kerapatan jaringan sungai. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung *baseflow*. (Br., 1993)

$$QB = 0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,9430} \quad (2.28)$$

2.3 Analisis Kolam Retensi

Dalam perencanaan kolam retensi Analisis kolam retensi dilakukan dengan berbagai tahap. Berikut Langkah yang dilakukan untuk melakukan Analisis kolam retensi.

2.2.1 Analisis Volume Kolam Retensi

Untuk perhitungan volume kolam retensi perlu dihitung intensitas jam-jaman untuk berbagai interval waktu untuk kala ulang 20 tahun. Volume kolam retensi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\Delta S = \frac{I2 + I1}{2} \Delta t - \frac{O1 + O2}{2} \Delta t \quad (2.29)$$

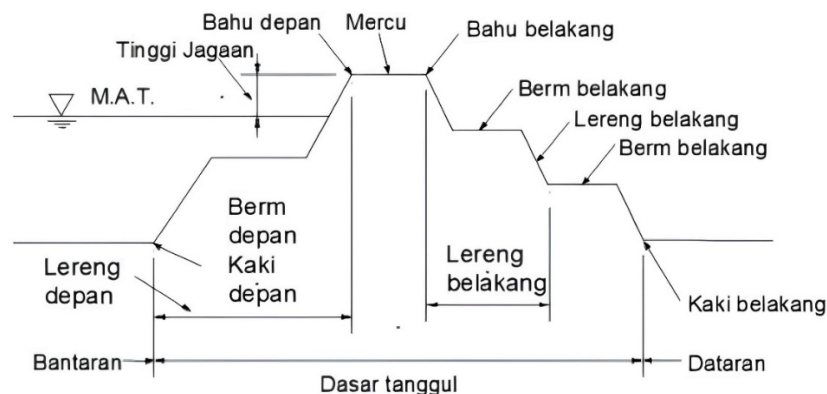
2.2.2 Analisis Stabilitas Struktur

Pada dinding penahan tanah disebutkan bahwa dinding dengan pasangan batu hanya digunakan maksimal dengan tinggi tidak lebih besar dari 5 meter. Sedangkan pada dinding penahan dari beton bertulang tidak memiliki batas.

2.2.3 Kriteria Perencanaan Struktur

2.2.3.1. Tanggul

Tanggul merupakan kontruksi sungai yang berfungsi sebagai pelindung luapan sungai sampai ketinggian tertentu. Pembangunan tanggul pada umumnya menggunakan kontruksi urugan tanah, akan tetapi apabila lahan sekitar sungai sempit perencanaan tanggul dapat menggunakan beton.



Gambar 2. 17 Bagian Bagian Tanggul Urugan Tanah

Sumber: (Br., 1993)

2.2.3.1.1. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan merupakan tambahan tinggi pada tanggul yang diperlukan untuk mencegah terjadinya kenaikan muka air diatas tinggi maksimum diluar perencanaan. Berdasarkan Standar Kriteria Perencanaan Irigasi Bagian Saluran KP-03 tinggi jagaan ditentukan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 2. 10 Hubungan Debit Banjir Rancangan dengan Tinggi Jagaan

Debit (m³/detik)	Saluran Tanah (m)	Saluran Pasangan (m)
< 0,15	0,4	0,2
0,15 – 1,5	0,5	0,2
1,5 – 5,0	0,6	0,25
5,0 – 10,0	0,75	0,3
10,0 – 15,0	0,85	0,4
> 15	1	0,5

Sumber: Kp-03 Bangunan Utama

2.2.3.1.2. Lebar Mercu Tanggul

Lebar mercu tanggul direncanakan apabila digunakan tanggul urugan tanah. Apabila digunakan tanggul beton maka perencanaan mercu tanggul menggunakan kriteria tanggul beton. Berikut lebar mercu tanggul yang digunakan untuk urugan tanah (Wahyudi & Adi, 2016).

Tabel 2. 11 Hubungan Antara Debit Banjir dengan Lebar Mercu

Debit Banjir Rencana (m³/detik)	Lebar Mercu Tanggul (m)
< 500	3
500 – 2000	4
2000 – 5000	5
5000 – 10000	6
> 10000	7

Sumber: Sosrodarsono, 1994

2.2.3.1.3. Kemiringan Lereng Tanggul

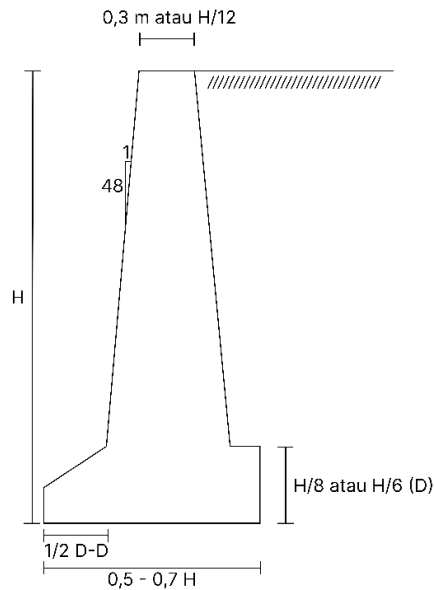
Dalam perencanaan desain tanggul kemiringan lereng tanggul berperan penting dikarenakan berkaitan erat dengan infiltrasi air dalam badan tanggul. Oleh karena itu perlu adanya penyelidikan jenis tanah untuk mengetahui parameter seperti kekuatan geser dan kohesi tanah tersebut.

2.2.3.2. Dinding Penahan

Dinding penahan merupakan struktur yang didirikan sebagai upaya untuk menekan keruntuhan tanah yang curam atau lereng untuk menjamin keamanan ketika lereng tanah tersebut tidak dapat atau masih diragukan keamanannya. Sebagai solusi dari hal tersebut untuk memperkuat kemiringan tanah serta melengkapi kemiringan dengan dinding penahan yang sesuai maka perlu direncanakan dinding penahan yang memiliki kriteria sesuai beberapa parameter yang diketahui. Berikut beberapa model dinding penahan yang diketahui.

1. Tembok Penahan Tipe Gravitasi

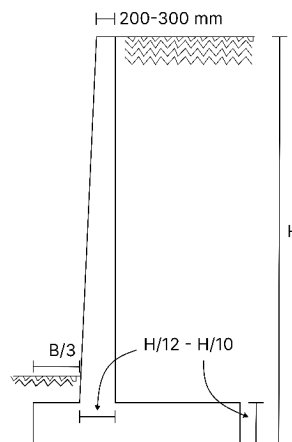
Tembok penahan memiliki tujuan sebagai penahan terhadap tekanan tanah dengan bobotnya sendiri. Karena memiliki bentuk yang tidak rumit dan juga dalam pelaksanaannya sederhana penahan beton model ini sering digunakan apabila kebutuhan konstruksi penahan yang tidak terlalu tinggi dan tanah pondasinya baik. Berikut ketentuan dalam menentukan dimensi penahan.



Gambar 2. 18 Bentuk dari Dinding penahan Gravitasi
Sumber: Bowles,1997

2. Tembok Penahan Kantilever

Tembok penahan model balok kantilever memiliki susunan dinding penahan menjulur keatas atau memanjang dengan terdapat suatu pelat dibagian lantai. Tembok ini sangat bergantung pada bobot sendiri serta berat tanah diatas tumit pelat lantai. Karena tembok penahan jenis ini cenderung lebih murah dan juga sederhana dalam pelaksanaan maka jenis sering dipakai. Berikut ketentuan dalam menentukan dimensi penahan ini.



Gambar 2. 19 Bentuk dari Dinding Penahan Kantilever
Sumber: Bowles,1997

2.2.3.2.1. Perencanaan Dinding Penahan

Pada umumnya dinding penahan direncanakan untuk penanggulangan tanah yang berfungsi sebagai penahan terhadap tekanan tanah. Dalam hal ini pengetahuan mendasar yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dinding penahan.

1. Beban yang dipakai untuk perencanaan
 - a. Bobot sendiri struktur
Bobot sendiri struktur digunakan yaitu berat sendiri dinding penahan dan berat tanah yang berada di atas tuumit pelat lantai
 - b. Beban luar
Apabila dibelakang permukaan tanah dinding akan digunakan untuk jalan raya ataupun bangunan lain maka pembebanan harus direncanakan kedalam analisis perhitungan.
 - c. Beban lainnya
Beban lain dinding yaitu beban uplift atau daya angkat dari air dibawah dinding penahan
2. Kemantapan dari dinding penahan
Dinding penahan tentu harus direncanakan secara tepat agar tidak terjadi keruntuhan, oleh karena itu hal yang harus dipertimbangkan tercantum dalam bagian 1-3. Tetapi perlu juga untuk mempertimbangkan bagian 4.
 - a. Kontrol untuk guling
 - b. Kontrol untuk longsor
 - c. Kontrol untuk daya dukung tanah pondasi
 - d. Kontrol untuk seluruh komponen termasuk pengisian tanah pada bagian belakang tanah dan pondasi

2.2.3.3. Analisis Stabilitas Kontruksi

Analisis stabilitas kontruksi diperlukan agar bangunan tersebut aman dan tidak menjadi ancaman ketika pembangunan sudah selesai. Dengan dilakukannya perhitungan mekanika tanah maka didapatkan hasil kemanan bangunan apakah sesuai dengan kontrol keamanan atau tidak. Adapun faktor yang mempengaruhi stabilitas kontruksi bangunan sebagai berikut.

- a. Stabilitas untuk Guling
- b. Stabilitas untuk Geser
- c. Stabilitas untuk Daya Dukung Tanah
- d. Stabilitas untuk Daya Angkat

2.2.3.3.1. Analisis Kestabilan Terhadap Guling

Kesetabilan struktur yang memiliki kemungkinan terguling dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$SF \text{ guling} = \frac{\sum Mr}{\sum Mo} > 1,5 \quad (2.30)$$

2.2.3.3.2. Analisis Kestabilan Terhadap Geser

Ketahanan struktur yang memiliki kemungkinan bergeser dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SF \text{ geser} = \frac{\sum Fr}{\sum FD} > 1,5 \quad (2.31)$$

2.2.3.3.3. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

Dalam analisis stabilitas tanah diperlukan adanya inspeksi untuk mengetahui kapasitas tanah dalam monyokong beban dari struktur atasnya yang disebut juga analisis daya dukung tanah. Kapasitas dukung berfungsi untuk mengetahui tahanan geser yang diperlukan untuk melawan penurunan pondasi yang terjadi. Pada perhitungan terdapat beberapa persamaan tergantung metode yang digunakan yaitu Meyerhoff, Hansen, dan Terzaghi.

Pada kasus ini persamaan Terzaghi yang dipilih untuk melakukan perhitungan. Hal tersebut dikarenakan pondasi yang dibebani secara vertikal dan sentris. Kapasitas daya dukung dapat di hitung menggunakan rumus berikut.

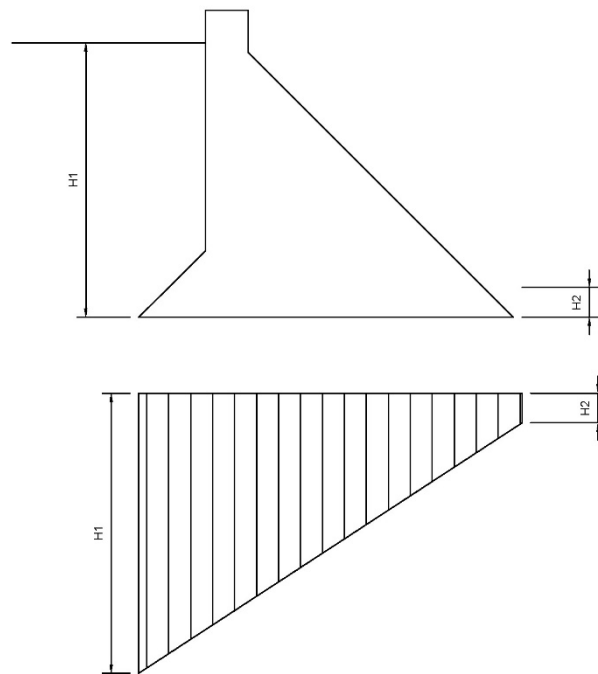
$$Q_u = c \cdot N_c + D_f \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma \quad (2.32)$$

$$F_k = \frac{Q_u}{Q} > 3 \quad (2.33)$$

2.2.3.3.4. Stabilitas Terhadap Daya Angkat

Analisis stabilitas terhadap *uplift* atau daya angkat diperhitungkan untuk mengetahui tekanan dibawah bangunan memberikan pengaruh tekanan diatasnya. Tekanan diatasnya tersebut memberikan gaya gerak untuk mengangkat struktur ke atas. Untuk pondasi dinding penahan gaya angkat dapat dianalisis menggunakan persamaan berikut. (Soediby, 1988)

$$P_u = \frac{1}{2} (h_1 + h_2) \times B \quad (2.34)$$



Gambar 2. 20 Tekanan Angkat Pada Pondasi Dinding Penahan

Sumber: Soediby,2003

2.2.3.4. Dasar Perhitungan Pembebanan

Dalam perencanaan bangunan sebelum melakukan perhitungan stabilitas hal yang perlu diketahui yaitu pembebanan yang diterimanya. Pada bangunan tentu pembebanan dipengaruhi oleh berbagai gaya. Dalam hal ini, pembebanan dibagi menjadi beban vertikal dan horizontal.

2.2.3.4.1. Beban Vertikal

Pembebanan vertikal ditinjau oleh beberapa gaya yang bekerja pada pelimpah secara vertikal antara lain:

a. Berat Bangunan

Proses analisa berat bangunan dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$W = \gamma_{\text{bahan}} \times V \quad (2.35)$$

b. Berat air

Proses analisa berat air dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$W = \gamma_w \times V \quad (2.36)$$

c. Up lift

Proses analisa gaya angkat dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$W = hx - \left(\frac{lx}{l}\right) \times \Delta H \quad (2.37)$$

2.2.3.4.2. Beban Horizontal

Beban horizontal yang diperhitungkan untuk pembebanan ditinjau oleh gaya yang bekerja sebagai berikut (Sosrodarsono & Nakazawa, Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, 2000).

A. Kondisi Permukaan Tanah Urug Horizontal

a. Tekanan tanah aktif

Persamaan Koefisien tanah aktif yang tidak memiliki kemiringan dibelakang dinding penahan yaitu sebagai berikut

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \times \gamma t \times H^2 \quad (2.38)$$

$$K_a = tg^2 \alpha \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.39)$$

b. Tekanan tanah pasif

Persamaan Koefisien tanah pasif yang tidak memiliki kemiringan dibelakang dinding penahan yaitu sebagai berikut.

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \times \gamma t \times H^2 \quad (2.40)$$

$$K_p = tg^2 \alpha \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.41)$$

B. Kondisi Permukaan Tanah Urug Miring

a. Tekanan tanah aktif

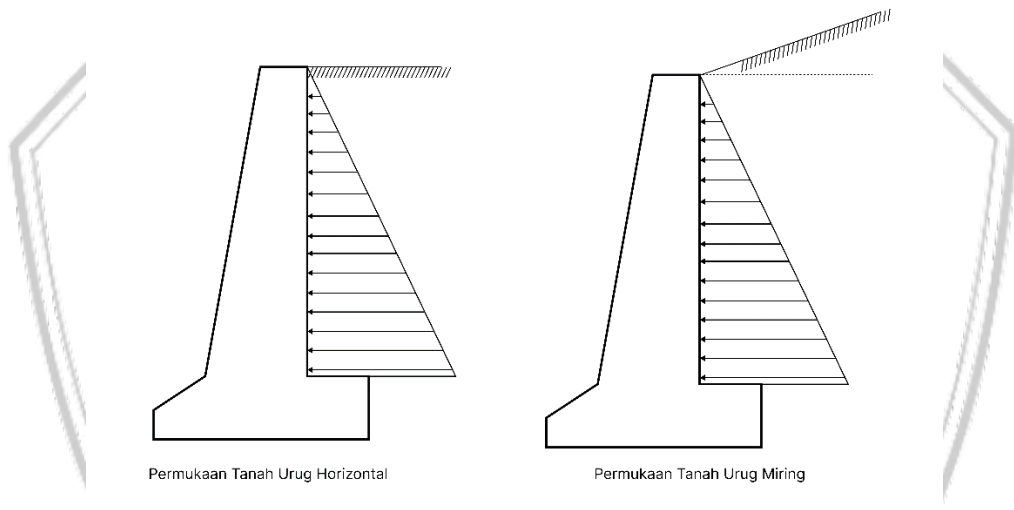
Persamaan Koefisien tanah aktif yang memiliki kemiringan dibelakang dinding penahan yaitu sebagai berikut.

$$k_a = \cos \beta \times \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \quad (2.42)$$

b. Tekanan tanah pasif

Persamaan Koefisien tanah pasif yang memiliki kemiringan dibelakang dinding penahan yaitu sebagai berikut.

$$k_p = \cos \beta \times \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \quad (2.43)$$



Gambar 2. 21 Kondisi Tanah dibelakang Dinding Penahan
Sumber: Sosrodarsono & Nakazawa,2000