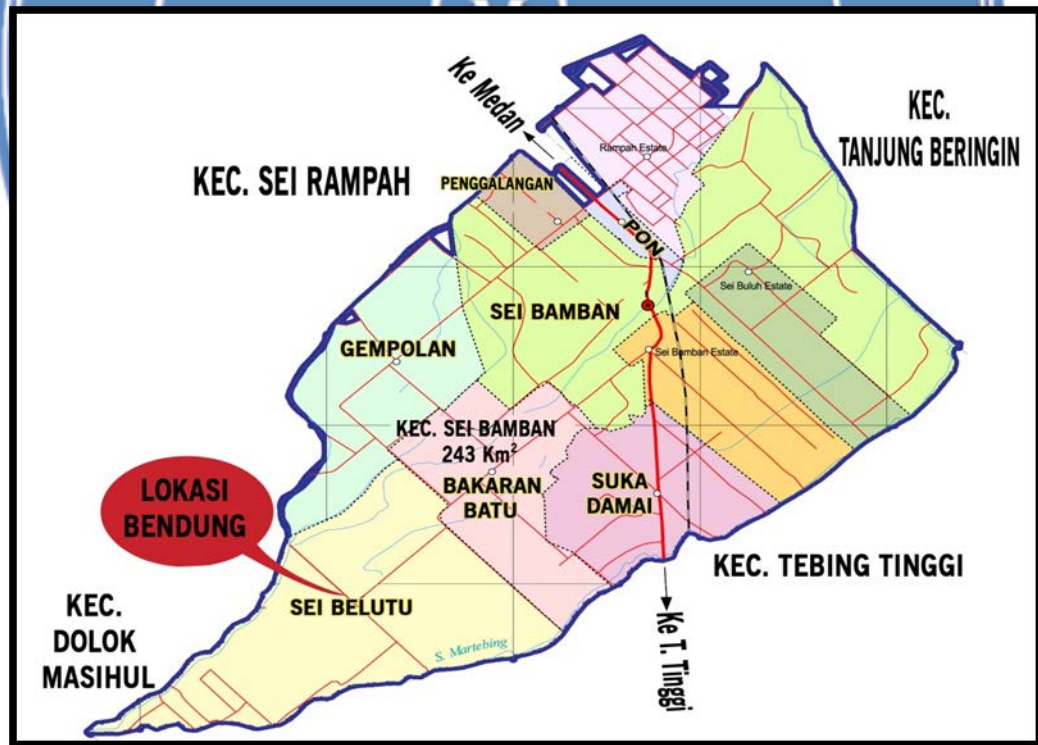


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kondisi Umum

Daerah Irigasi Sei Belutu berada di Kecamatan Sei Bambi Kabupaten Serdang Bedagai, wilayah Kecamatan Sei Bambi terletak di antara Kec. Tebing tinggi (kanan) dan Kec. Sei Rampah (kiri), jika di lihat dari Peta Lokasi di Kabupaten Serdang Bedagai. Luas potensial daerah irigasi Sei Belutu \pm 5082 Ha yang tersebar di 7 desa di Kecamatan Sei Bambi diantaranya, Desa Sei Belutu, Desa Bakaran Batu, Desa Bambi, Desa Suka Damai, Desa Gempolan, Desa Pengalangan, dan Desa Kampung Pon. (Lihat Gambar 3.1)



Gambar 3.1 Peta Kecamatan Sei Bambi

Saat ini, Daerah Irigasi Sei Belutu mendapat suplai air dari Sungai Belutu melalui free intake. Ketersediaan air sungai Belutu dapat mencukupi kebutuhan air D.I Belutu seluas 5082 Ha. Untuk mengairi areal tersebut perlu dibangun sebuah bendung. Areal irigasi Sei Belutu saat ini sebagian besar sudah berupa sawah. Areal tersebut umumnya berupa daerah yang sangat datar dengan kemiringan tanah pada daerah persawahan pada umumnya berkisar antara $< 2\%$. Elevasi areal D.I. Sei Belutu sekitar +20 m.

3.2 Data Teknis Bendung

- 1) Tipe Bangunan Utama : Bendung Tetap
- 2) Nama Sungai : Sei Belutu.
- 3) Panjang Sungai : 62 Km

- 4) Luas Cathment Area : 243 Km²
- 5) Elevasi Sungai di Hulu : +75 m

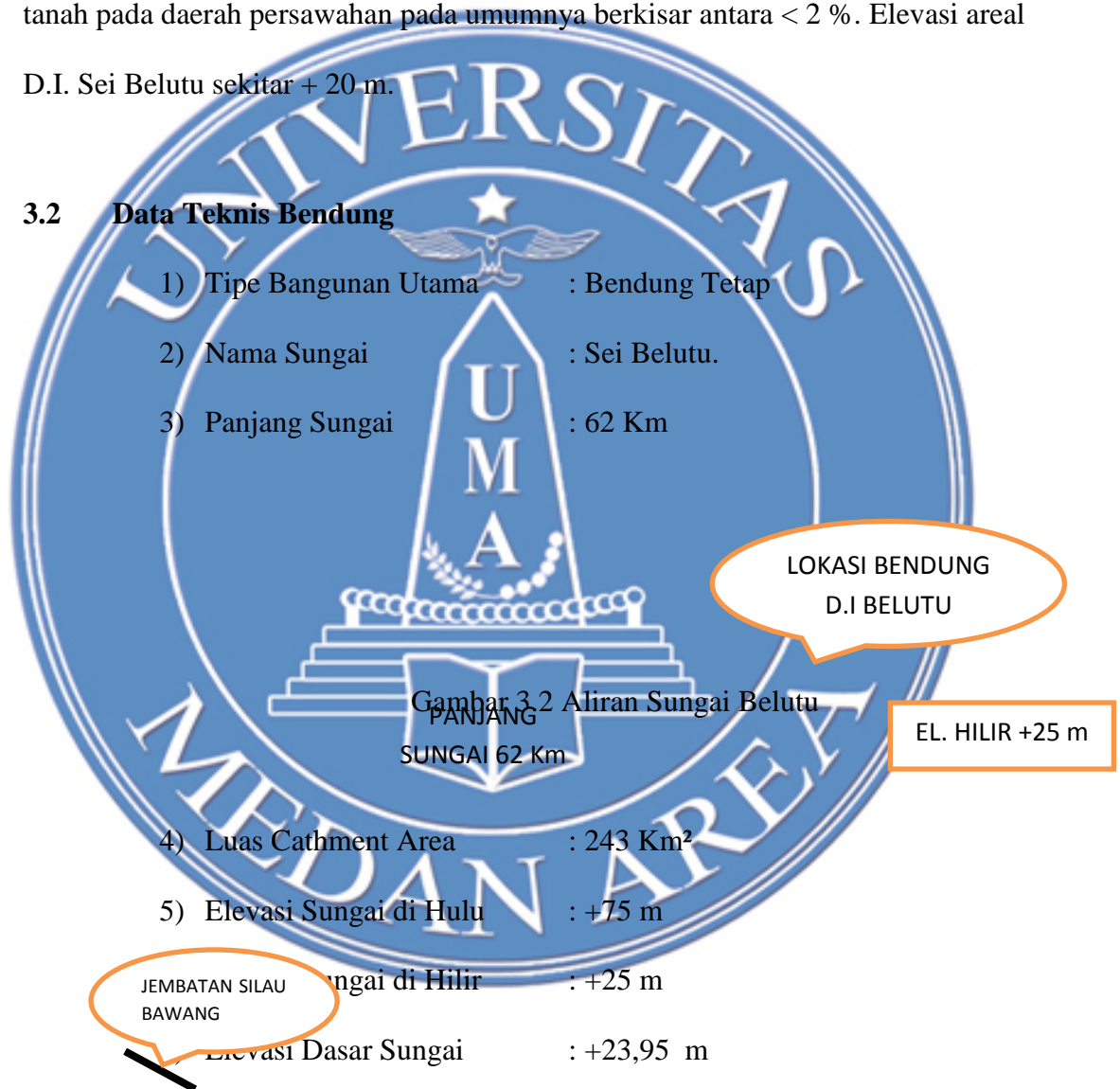
Elevasi Sungai di Hilir : +25 m

Elevasi Dasar Sungai : +23,95 m

Elevasi Lahan : Sebagian Lahan Pertanian

9) Elevasi Mercu Bendung : +26,61 m

10) Elevasi Dasar Kolam Olak : +23,05 m



- 11) Elevasi Lantai Hulu : +24,55 m
- 12) Lebar Bendung :
 - a. Total : 16,2 m
 - b. Efektif : 13,6 m
- 13) Jumlah pintu penguras : 2 pintu dengan lebar tiap pintu 1,3 m
- 14) Jumlah pilar : 2 buah dengan lebar tiap pilar 1,0 m

Gambar 3.3 Tampak Depan Bendung

3.3 Data Curah Hujan Harian Maksimum Per Tahun

Tabel 3.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Per Tahun

TAHUN	Kejadian		Curah Hujan Harian Max Tahunan (mm)
	Tanggal	Bulan	

2004	28	Juni	98,91
2005	09	Mei	99,03
2006	14	April	64,66
2007	18	Nopember	57,26
2008	08	Januari	111,5
2009	26	April	108
2010	05	Nopember	116
2011	29	Agustus	122,3
2012	03	September	110,4
2013	19	Desember	168,7

Sumber Data : Stasiun Klimatologi Sampali

3.4 Menghitung Curah Hujan Maksimum

Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan atau debit di masa yang akan datang. Data yang diperlukan untuk menunjang aplikasi teori kemungkinan ini minimum 10 kejadian dengan harga tertinggi dalam tahunan, dengan kata lain diperlukan

panjang data minimum 10 Tahun. Berdasarkan teori kemungkinan, koefisien *reduced mean* untuk data 10 tahun mencapai 0,50 atau 50 % penyimpangan dari harga rata-rata seluruh kejadian. Ada beberapa metode yang dipakai diantaranya; metode Gumbel, Weduwen, dan Haspers. adapun penggunaan rumus dari ke 3 metode tersebut sebagai berikut:

Metode Gumbel:

$$X_T = \bar{X} + S_x K \text{ Dimana } K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \text{ (koefisien frekuensi)}$$

Maka:

$$R_T = \bar{R} + S_x \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dimana:

$\sum x_i$ = data curah hujan yang sudah digolongkan dari yang terbesar

n = jumlah Tahun Pengamatan (10 Tahun)

1). menentukan nilai S_x :

$$S_x = \sqrt{\left(\frac{\sum (x - \bar{R})^2}{n-1}\right)}$$

Dimana:

$\sum (x - \bar{R})^2$ = data curah hujan yang sudah digolongkan dari yang terbesar

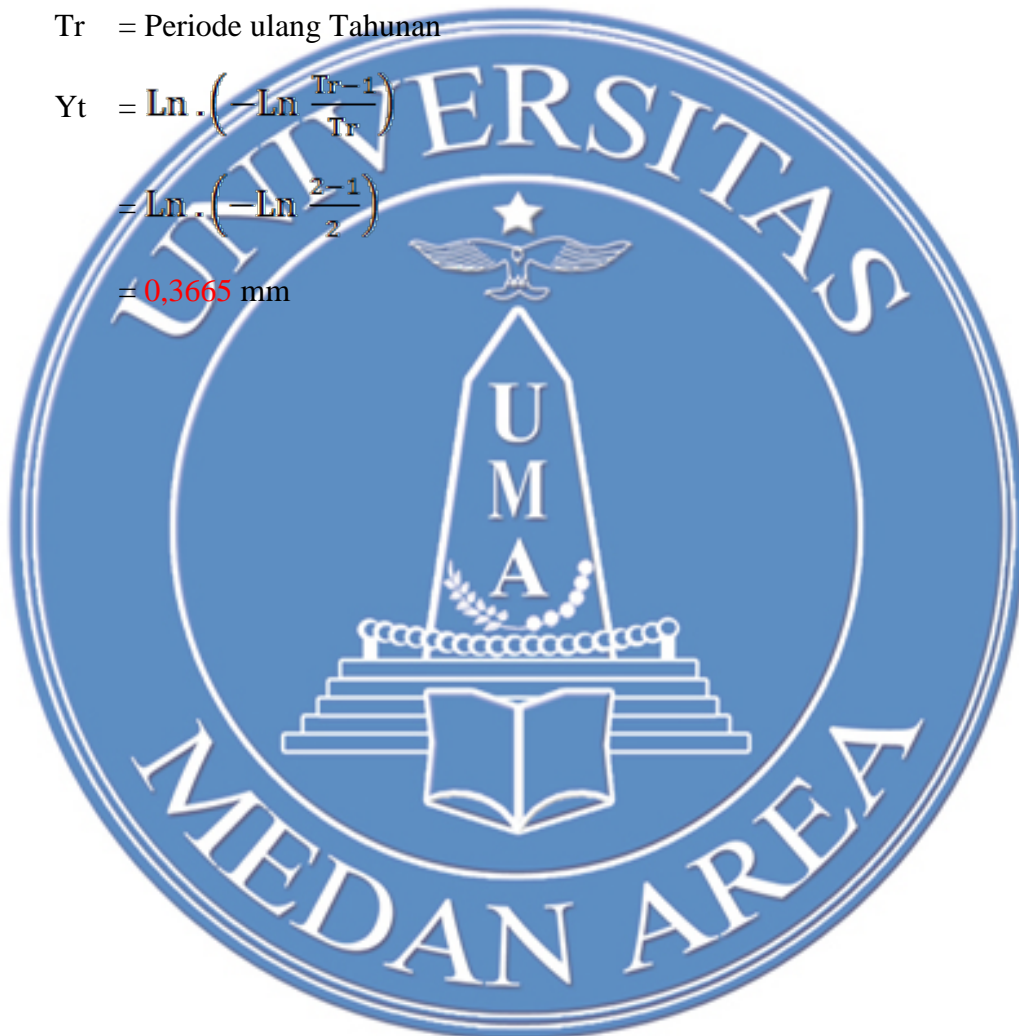
$n-1$ = jumlah Tahun Pengamatan – 1 Tahun

Tabel 3.2 reduced variat (fungsi Y_t)

No	Tr (Tahun)	Yt
1	2	0,3665
2	5	1,4999
3	25	3,1985
4	100	4,6001
5	1000	6,9073

Tr = Periode ulang Tahunan

$$\begin{aligned}
 Yt &= \text{Ln} \cdot \left(-\text{Ln} \frac{Tr-1}{Tr} \right) \\
 &= \text{Ln} \cdot \left(-\text{Ln} \frac{2-1}{2} \right) \\
 &= 0,3665 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Tabel 3.3 reduced mean (fungsi Yn)

n	Yn	n	Yn	n	Yn	n	Yn
---	----	---	----	---	----	---	----

10	0,4592	33	0,5388	56	0,5508	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5569
12	0,5053	35	0,5402	58	0,5518	81	0,5570
13	0,5070	36	0,5410	59	0,5518	82	0,5572
14	0,5100	37	0,5418	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,5424	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,5430	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,5530	86	0,5580
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5533	87	0,5581
19	0,5220	42	0,5448	65	0,5535	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585
21	0,5252	44	0,5458	67	0,5540	90	0,5586
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,5587
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5591
25	0,5309	48	0,5477	71	0,5550	94	0,5592
26	0,5320	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5555	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5353	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5371	54	0,5501	77	0,5563	100	0,5600
32	0,5380	55	0,5504	78	0,5565		

Dimana :

n = Jumlah Tahun Pengamatan (diambil yang Tahun ke 10)

Yn = angka koefisien berdasarkan jumlah Tahun Pengamatan

Tabel 3.4 reduced standard deviasi (fungsi Sn)

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	33	11,226	56	11,696	79	11,930
11	0,9676	34	11,255	57	11,708	80	11,938
12	0,9933	35	11,285	58	11,721	81	11,945
13	0,9971	36	11,313	59	11,734	82	11,953
14	10,0951	37	11,339	60	11,747	83	11,959
15	10,2061	38	11,363	61	11,759	84	11,967
16	10,3161	39	11,388	62	11,770	85	11,973
17	10,4111	40	11,413	63	11,782	86	11,980
18	10,4931	41	11,436	64	11,793	87	11,987
19	10,5651	42	11,458	65	11,807	88	11,994
20	10,6281	43	11,480	66	11,814	89	12,001
21	10,6961	44	11,499	67	11,824	90	12,007
22	10,7541	45	11,519	68	11,834	91	12,013
23	10,8111	46	11,538	69	11,844	92	12,020
24	10,8641	47	11,557	70	11,854	93	12,026
25	10,9151	48	11,574	71	11,863	94	12,032
26	11,9611	49	11,590	72	11,873	95	12,038
27	11,0041	50	11,607	73	11,881	96	12,044
28	11,0471	51	11,623	74	11,890	97	12,049
29	11,0861	52	11,538	75	11,898	98	12,055
30	11,1241	53	11,658	76	11,906	99	12,060
31	11,1591	54	11,667	77	11,915	100	12,065
32	11,1931	55	11,681	78	11,923		

Dimana :

n = Jumlah Tahun Pengamatan (diambil 10 Tahun)

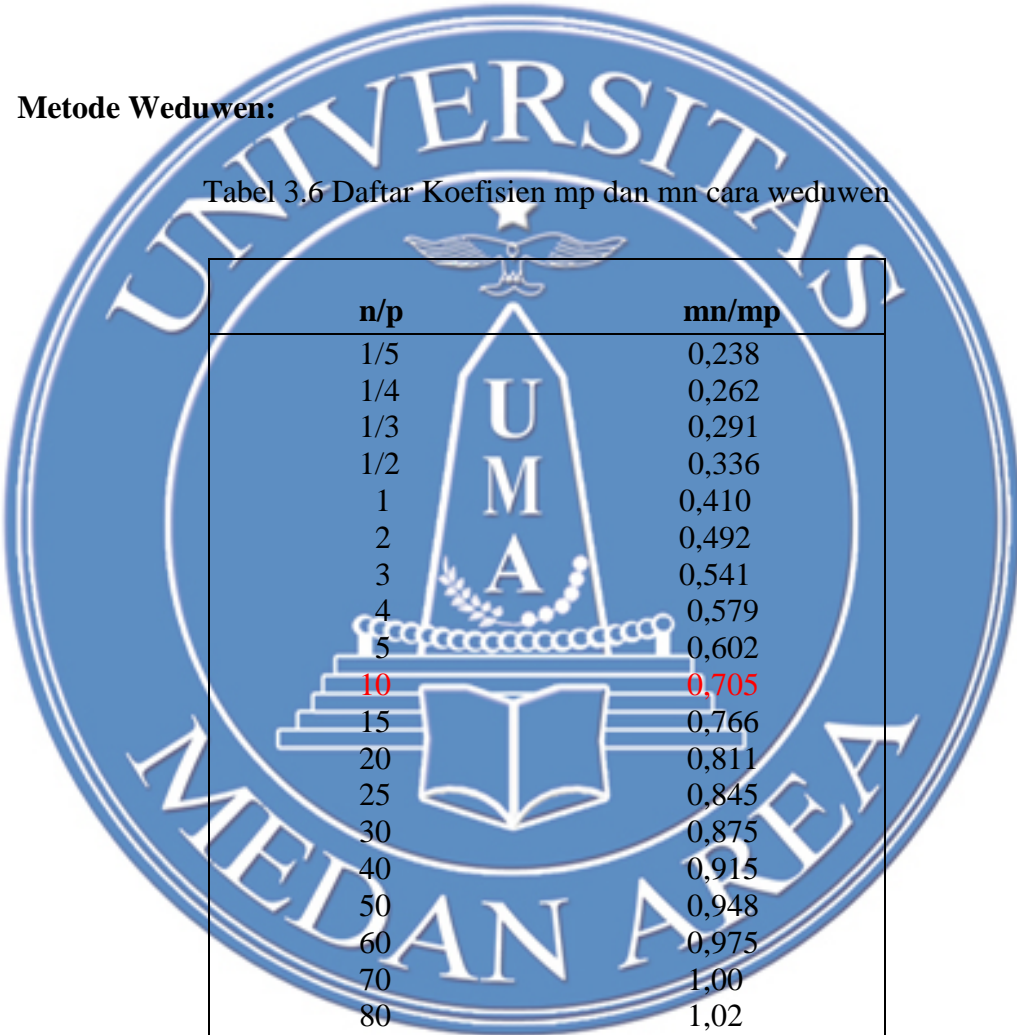
Sn = angka koefisien berdasarkan jumlah Tahun Pengamatan

Tabel 3.5 Hasil data Curah hujan Periode Ulang T (tahun)

T (ahun)	Yt (dari Tabel)	<i>R_T</i> (mm)
2	0,3665	99,568
5	1,4999	135,780
25	3,1985	190,051
100	4,6001	234,832
1000	6,9073	308,548

Metode Weduwen:

Tabel 3.6 Daftar Koefisien mp dan mn cara weduwen



n/p	mn/mp
1/5	0,238
1/4	0,262
1/3	0,291
1/2	0,336
1	0,410
2	0,492
3	0,541
4	0,579
5	0,602
10	0,705
15	0,766
20	0,811
25	0,845
30	0,875
40	0,915
50	0,948
60	0,975
70	1,00
80	1,02
90	1,03
100	1,05
125	1,08

Dimana:

$$R_{70} = \frac{R_{max}}{mp}$$

n/p = jumlah Tahun Pengamatan

R_{max} = curah hujan maksimum

m_p = nilai pada Tabel 3.6

Metode Haspers:

Rumus-rumus yang digunakan oleh Haspers Adalah:

$$R_T = R + S \cdot \mu_T$$

Dimana:

R_T = curah hujan maksimum yang diperkirakan terjadi dalam periode ulang T tahun (mm)

R = Curah hujan rata-rata selama waktu pengamatan (mm)

S = Standar deviasi

μ_T = Standar variabel untk periode ulang T tahun (diambil dari Tabel 3.7)

R_1 = Curah hujan *absolute* maksimum I selama 24 jam (mm)

R_2 = Curah hujan *absolute* maksimum II selama 24 jam (mm)

$\mu_1 = \frac{n+1}{m_1}$ = standar variabel untuk periode ulang R_1

$\mu_2 = \frac{n+1}{m_2}$ = standar variabel untuk periode ulang R_2

$m_1 : m_2$ = masing-masing ranking dari curah hujan R_1 dan R_2

Tabel 3.7 Standar Variabel untuk setiap Harga *Return Period*, hubungan antara T dan μ

T	μ	T	μ	T	μ	T	μ
-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------

1,00	-1,86	6	0,81	38	2,49	94
3,37						
1,01	-1,35	6,5	0,88	39	2,51	96
3,39						
1,02	-1,28	7	0,95	40	2,54	98
3,41						
1,03	-1,23	7,5	1,01	41	2,56	100
3,43						
1,04	-1,19	8	1,06	42	2,59	110
3,53						
1,05	-1,15	9	1,17	43	2,61	120
3,63						
1,06	-1,12	10	1,26	44	2,63	130
3,70						
1,08	-1,07	11	1,35	45	2,65	140
3,77						
1,10	-1,02	12	1,43	46	2,67	150
3,84						
1,15	-0,93	13	1,50	47	2,69	160
3,91						
1,20	-0,85	14	1,57	48	2,71	170
3,97						
1,25	-0,79	15	1,63	49	2,73	180
4,03						
1,30	-0,73	16	1,69	50	2,75	190
4,09						
1,35	-0,68	17	1,74	52	2,79	200
4,14						
1,40	-0,63	18	1,80	54	2,83	220
4,24						
1,50	-0,54	19	1,85	56	2,86	240
4,33						
1,60	-0,46	20	1,89	58	2,90	260
4,42						
1,70	-0,40	21	1,94	60	2,93	280
4,50						
1,80	-0,33	22	1,98	62	2,96	300
4,57						
1,90	-0,28	23	2,02	64	2,99	350
4,77						
2,00	-0,22	24	2,06	66	3,02	400
4,88						

2,20	-0,13	25	2,10	68	3,05	450
5,01						
2,40	0,00	26	2,13	70	3,08	500
5,13						
2,60	0,04	27	2,17	72	3,11	600
5,33						
2,80	0,11	28	2,19	74	3,13	700
5,51						
3,00	0,17	29	2,24	76	3,16	800
5,56						
3,20	0,24	30	2,27	78	3,18	900
5,80						
3,40	0,29	31	2,30	80	3,21	1000
5,92						
3,60	0,34	32	2,33	82	3,23	5000
7,90						
3,80	0,39	33	2,36	84	3,26	10000
8,83						
4,00	0,44	34	2,39	86	3,28	50000
11,08						
4,50	0,55	35	2,41	88	3,30	80000
12,32						
5,00	0,64	36	2,44	90	3,33	500000
13,74						
5,50	0,73	37	2,47	92	3,35	

3.5 Menghitung Intensitas Curah Hujan Periode Ulang (n Tahun)

Adapun contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai Intensitas curah hujan dengan periode ulang 2Thn sampai 1000Thn adalah sebagai berikut:

Tabel 3.8 Intensitas Curah Hujan Periode Ulang (n Tahun)

No	Periode Ulang n (Tahun)	Intensitas CH (mm)
1	2	22,40
2	5	30,55
3	25	42,761
4	100	52,83
5	1000	69,42

Maka:

$$\text{Intensitas curah hujan} = \frac{90\% R_T}{4}$$

3.6 Menghitung Intensitas Curah Hujan dengan waktu pengaliran (jam) dengan periode ulang (n tahun)

Perhitungan Intensitas Curah Hujan periode 5 Tahun dengan waktu pengaliran dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Intensitas Curah Hujan (It)} &= \frac{I}{24 \times \left(\frac{24}{t(\text{jam})}\right)^{2/3}} \\ T &= 5 \text{ menit} \\ t(\text{jam}) &= \frac{T(\text{menit})}{60} = \frac{5}{60} = 0,0833 \text{ jam (Tabel 4.5)} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Intensitas Curah Hujan (It)} &= \frac{I}{24 \times \left(\frac{24}{t(\text{jam})}\right)^{2/3}} \\ &= \frac{23,10}{24 \times \left(\frac{24}{0,0833}\right)^{2/3}} \\ &= 41,9771 \text{ mm (Tabel 4.6 No Urut 1 Periode 5Thn)} \end{aligned}$$

3.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana (*Design Flood Discharge*)

Yang dimaksud dengan *design flood* adalah besarnya debit yang direncanakan untuk melewati bendung. Besarnya *design flood* tidak sebesar banjir terbesar yang dapat terjadi sembarang waktu. Jadi *design flood* direncanakan

sebagai banjir yang diharapkan terjadi pada suatu jangka waktu (tahun) rata-rata kemungkinan berulangnya banjir tersebut.

Misalnya banjir 10 Tahunan (periode ulang 10 Tahun) dari suatu sungai adalah 150 m³/dtk. Ini tidak berarti bahwa debit sungai yang besarnya 150 m³/dtk akan terjadi setiap 10 tahun sekali, tetapi terdapat kemungkinan dalam 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian debit sungai sebesar 150 m³/dtk. Untuk menghitung besarnya *design flood* dengan periode tertentu, bisa menggunakan data debit sungai atau dapat pula data curah hujan. Analisa untuk mencari frekuensi tertentu disebut *frequency analysis*. dalam hal ini perhitungan Debit banjir menggunakan metode rasional yang selanjutnya di kombinasikan dengan 3 metode curah hujan diatas yaitu:

1. Metode E.J Gumbel
2. Metode Weduwen
3. Metode Haspers

A. Analisa Banjir Metode Rasional

Rumus ini banyak digunakan untuk sungai-sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luas. Adapun rumus dari metode rasional sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{3,6} f.r.A = 0,277$$

Q = debit banjir maksimum (m³/detik)

F = 0,5 (Tabel 3.7)

r = intensitas curah hujan rata-rata selama waktu tiba dan banjir (mm/jam).

A: daerah pengaliran (km²).

Tabel 3.9 koefisien limpasan/pengaliran

No	Tata Guna Lahan	Koef Run-off
1	Daerah Komersial/Perdagangan	0,75 - 0,95
2	Daerah Industri	0,50 - 0,90
3	Daerah Pemukiman dengan kepadatan	
	Rendah <20 rumah /ha	0,25 - 0,40
	Sedang 20 – 40 rumah /ha	0,40 - 0,60
	Tinggi >40 rumah/ha	0,60 - 0,75
4	Daerah Pertanian	0,45 - 0,55
5	Daerah Perkebunan	0,20 - 0,30
6	Daerah Kosong, datar dan kemiringan	
	Kemiringan < 20%	0,10 - 0,50
	Kemiringan 2% - 7%	0,10 - 0,15

3.8 Stabilitas Bendung

3.8.1 Berat sendiri bangunan

Dalam peninjauan stabilitas bendung, maka potongan-potongan yang ditinjau terutama adalah potongan-potongan A-A dan B-B karena potongan ini adalah yang terlemah.

Gambar 3.4 Potongan Terlemah Pada Bendung

3.8.2 Tekanan Lumpur

Gaya tekanan akibat lumpur diperhitungkan dengan anggapan lumpur tertahan setinggi mercu dan adanya peninjauan tentang kandungan lumpur tersebut.

$$P_s = \frac{1}{2} K_a \times N_i \times d^2$$

Dimana:

$$P_s = \text{tekanan horizontal (kg/m)},$$

$$K_a = \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right],$$

ϕ = sudut geser,

N_i = berat bahan deposit yang terbenam (ton/m³),

d = kedalaman lumpur (m)

3.8.3 Gaya Hidrostatik

Garis kerja gaya ini bekerja melalui titik berat penampangnya. Gaya-gaya yang bekerja baik dari permukaan bendung bagian hulu maupun bagian hilir. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan Gaya Hidrostatik pada bendung ialah:

$$W_h = \frac{\gamma h^2}{2}$$

Dimana:

W_h = besar gaya hidrostatik (kg), (horizontal)

W_v = besar gaya hidrostatik (kg), (vertikal)

γ = berat jenis air (kg/m³)

h = kedalaman air(m).

Kedalaman air (h) dalam keadaan normal diambil setinggi mercu.

3.8.4 Gaya tekanan Air Ke Atas (*uplift Pressure*)

Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui Gaya tekanan air Ke Atas ialah:

$$U = \gamma \frac{h_1 + h_2}{2} t$$

Dimana:

U = gaya tekanan ke atas (kg)

γ = berat jenis air (kg/m³)

h_1 = kedalaman air pada tuinit depan (m),

h_2 = kedalaman air pada tuinit belakang (m),

t = tebal tapak lantai bendungan (m).

3.8.5 Gaya akibat gempa

Prinsip perhitungan pengaruh gaya gempa terhadap stabilitas suatu bendung adalah perkalian gaya berat sendiri bangunan bendung dengan koefisien gempa dan dihitung sebagai gaya geser horizontal. Besarnya gaya tersebut adalah:

$$F_g = \alpha \times G$$

Dimana:

F_g = gaya gempa (kg/m),

α = koefisien gempa

G = berat bangunan (kg/m).

3.8.6 Pemeriksaan Terhadap Gaya Guling

gaya yang menahan agar tidak terjadi guling adalah gaya-gaya seperti berat sendiri bangunan, dan juga gaya hidrostatis yang berlawanan arahnya dengan gaya hidrostatis penyebab guling. Pemeriksaan terhadap guling harus memenuhi syarat.

$$Sf = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 1,5$$

Dimana

Sf = faktor keamanan,

$\sum Mt$ = jumlah momen tahan (kgm/m)

$\sum Mg$ = jumlah momen guling (kgm/m).

3.8.7 Pemeriksaan Terhadap Geser

Gaya yang cenderung menyebabkan terjadinya geser adalah gaya tekanan tanah aktif, gaya hidrostatis, gaya uplift horizontal, tekanan lumpur dan juga gaya akibat gempa. Sedangkan gaya yang melakukan perlawanan adalah gaya berat sendiri dikalikan dengan, gaya hidrostatis yang berlawanan dengan arah gaya geser.)

$$Sf = \frac{\sum Pv}{\sum Ph} \geq 1,1 \text{ (dengan gempa)}$$

$$Sf = \frac{\sum Pv}{\sum Ph} \geq 1,3 \text{ (tanpa gempa)}$$

Dimana :

Sf = faktor keamanan,

F = koefisien gesek tanah dengan struktur bangunan,

$\sum Pv$ = jumlah gaya vertical,

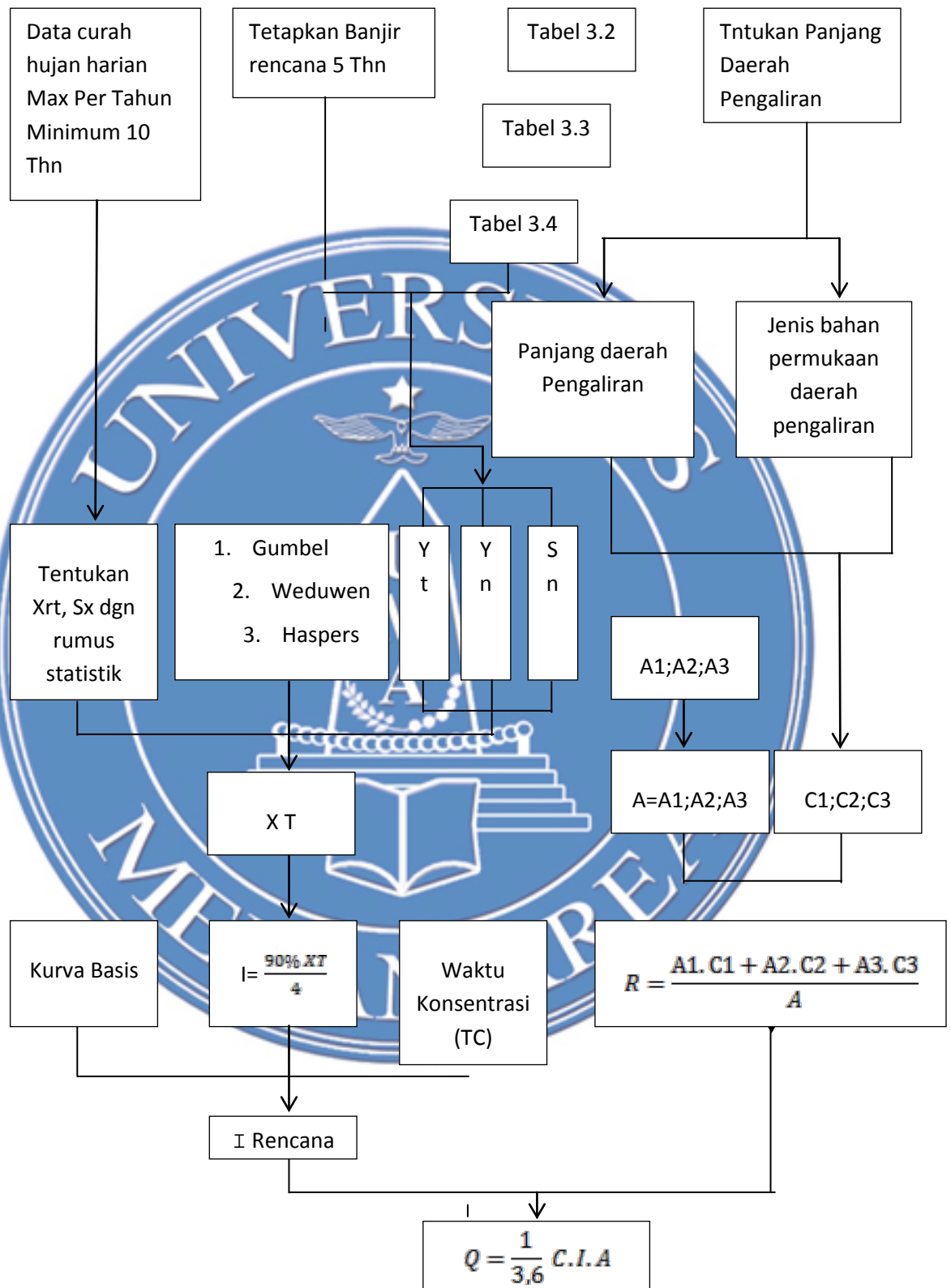
C = kohesi,

B = lebar struktur

ΣPh = jumlah gaya horizontal.



3.9 Alur Perhitungan Stabilitas Bendung



Gambar 3.5 Alur Perencanaan Stabilitas Bendung D.I Belutu