

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG KANAL BANJIR BARAT

Liza Puteri Ghaisani¹, Rizki Dwi Kurniawan², Denny Yatmadi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424

e-mail: lizaghaiani@gmail.com, kurniawanrizkidwi@gmail.com, denny.yatmadi@sipil.pnj.ac.id

ABSTRACT

Kanal Banjir Barat is a collection of streams that come from several main rivers starting from the Manggarai Water Gate to the Muara Teluk Jakarta. The problem to be discussed is the amount of flowrate for each return period that can be accommodated by the actual cross section of the Kanal Banjir Barat. The data and information used are secondary data from the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) website and analysis from Google Earth app. The data processing method uses hydrological analysis consisting of analysis of rainfall data with the Log Pearson method, and analysis of river flowrate with rational methods and hydraulics analysis in calculating the capacity of the existing cross section. From the calculation results, it is found that the Muara Teluk Jakarta cannot accommodate the flow rate in the return period of up to 10, 20, 25, and 50 years

Keywords: Capacity, Flowrate, Cross-Section

ABSTRAK

Kanal Banjir Barat merupakan kumpulan aliran yang datang dari beberapa sungai utama dimulai Pintu Air Manggarai sampai Muara Teluk Jakarta. Permasalahan yang akan dibahas ialah besar debit setiap periode ulang yang dapat ditampung oleh penampang aktual di Kanal Banjir Barat. Data dan informasi yang digunakan merupakan data sekunder yang berasal dari web Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta analisis dari Google Earth. Metode pengolahan data menggunakan analisis hidrologi yang terdiri dari analisis data curah hujan dengan metode log pearson, dan analisis debit aliran sungai dengan metode rasional serta analisis hidrolika dalam perhitungan kapasitas penampang eksisting. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa Muara Teluk Jakarta tidak dapat menampung debit aliran pada periode ulang hingga 10, 20, 25, dan 50 tahun.

Kata kunci: Debit, Kapasitas, Penampang.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banjir merupakan kondisi di mana peningkatan debit air pada sungai sehingga meluap dan menggenangi kawasan di sekitarnya. Daerah Jakarta yang sekitar 40% bagian datarannya lebih rendah dari permukaan laut, menjadikan Kota Jakarta potensial untuk menjadi langganan banjir [1]. Kanal banjir di Jakarta mulai dikonsepskan pada tahun 1913 akibat seringnya Batavia – nama kota Jakarta pada saat itu – mengalami banjir. Ir. Hendrik van Breen merupakan orang yang pertama kali

Tujuan dan Manfaat

mengkonsepkan sistem kanal banjir ini sebagai salah satu cara menanggulangi banjir di Batavia pada saat itu [2]. Kanal Banjir Barat memiliki fungsi yang cukup vital yaitu untuk melindungi kawasan kota di Jakarta dari bahaya banjir [2]. Maka untuk mengurangi risiko terjadinya banjir perlu dilakukan upaya dalam pengendalian banjir. Dengan menganalisis debit pada setiap periode ulang yang ditentukan dan kapasitas penampang aktual yang tersedia pada saluran Kanal Banjir Barat diharapkan dapat direncanakan langkah selanjutnya yang harus dilakukan untuk melakukan pengendalian terhadap banjir.

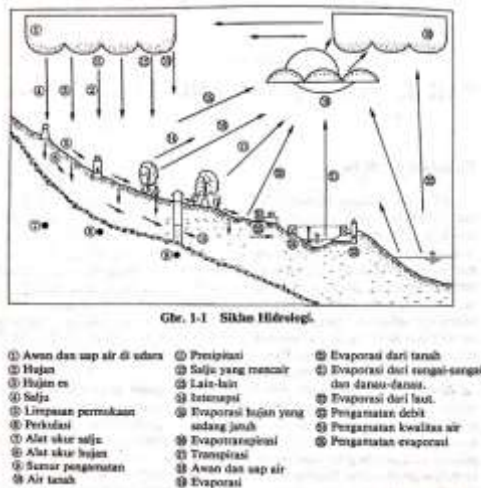
Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan kapasitas penampang aktual pada Kanal Banjir Barat dalam menampung debit berdasarkan analisis hidrologi pada periode ulang 2, 5, 10, 15, 20, 25, dan 50 tahunan.

Permasalahan

Berdasarkan uraian yang telah disebutkan di atas, permasalahan yang akan dibahas pada artikel ini adalah dapatkah kapasitas penampang aktual Kanal Banjir Barat menampung debit dari setiap periode ulang?

Teori

Siklus Hidrologi



Gambar Siklus Hidrologi

Di dalam siklus hidrologi tersebut di atas, dijelaskan bahwa air yang ada di permukaan bumi menguap ke udara kemudian berubah menjadi awan dan kemudian jatuh sebagai hujan ataupun salju ke permukaan daratan dan lautan. Akan tetapi, tidak semua air mengalir tadi akan tiba ke laut. Ada yang mengalami penguapan, ada yang masuk ke dalam tanah kemudian kembali keluar ke sungai (aliran intra), dan sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang kemudian akan keluar ke daerah yang rendah dalam jangka waktu yang lama sedikit demi sedikit. [3]

Analisis Data Hujan

Pencatatan data curah hujan yang dilakukan pada suatu DAS dilakukan di beberapa titik stasiun pencatat curah

hujan untuk mengetahui sebaran hujan yang turun pada suatu DAS apakah merata atau tidak. Pengukuran dapat dilakukan secara langsung dengan menampung air hujan yang jatuh, namun tidak dapat dilakukan di seluruh wilayah tangkapan air, akan tetapi hanya dapat dilakukan pada titik-titik yang ditetapkan dengan menggunakan alat pengukur hujan [4].

Data Curah Hujan yang Hilang

Metode yang digunakan adalah metode rata-rata aritmatik. Metode aritmatik merupakan pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun, stasiun yang digunakan dalam hitungan biasanya masih saling berdekatan [5].

$$p = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n}$$

Keterangan :

p = Curah hujan yang hilang p₁ , p₂ ...

p_n = Hujan di stasiun 1,2,3,...,n

n = Jumlah stasiun hujan

Tebal Curah Hujan Rata-Rata

Metode yang digunakan adalah metode *polygon thiessen*. Cara ini diperoleh dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah – tengah garis hubung dua pos penangkar hujan. Dengan setiap pos penangkar hujan R_n akan terletak pada suatu wilayah poligon tertutup dengan luas A_n [6].

$$\tilde{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_t}$$

Keterangan:

$\tilde{R}$ = Curah hujan rata-rata (m)

R_n = Curah hujan pada masing-masing stasin (mm)

A_n = Luas yang dibatasi garis poligon (km²)

A_t = Luas total catchment area (km²)

Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis frekuensi adalah analisis yang dilakukan untuk memperkirakan

kejadian curah hujan berdasarkan periode ulang peristiwa yang diharapkan sama atau lebih besar dari pada rata-rata curah hujan [6].

Pengukuran Dispersi

	Rumus	Keterangan
Standar deviasi (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$	S : Standar Deviasi Xi : Nilai varian ke i X : Nilai rata-rata varian n : Jumlah data
Koefisien skewness (Cs)	$Cs = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^3}{S^3}$	Cs : Koefisien Skewness Xi : Nilai varian ke i X : Nilai rata-rata varian n : Jumlah data S : Standar deviasi
Koefisien kurtosis (Ck)	$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^4}{S^4}$	Ck : Koefisien kurtosis Xi : Nilai varian ke i n : Jumlah data S : Standar deviasi
Koefisien Variasi (Cv)	$Cv = \frac{\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}}{\frac{\sum X_i}{n}}$	Cv : Koefisien variasi S : Standar deviasi X : Rata-rata hitung n : Jumlah data hujan

Tabel Rumus Pengukuran Dispersi

Jenis Distribusi	Syarat
Metode Gumbel	$Cs \leq 1,1396$ $Ck \leq 5,4002$
Metode Log Pearson III	$Cs \neq 0$
Metode Distribusi Normal	$Cs = 0$ $Ck = 3$
Metode Distribusi Log Normal	$Cs = 3Cv + Cv^2 = 3$ $Ck = 3,01$

Tabel Syarat-Syarat Nilai Pengujian Dispersi

Debit Banjir Rencana

Debit rencana merupakan debit maksimum yang dapat dialirkan oleh sungai atau saluran untuk mencegah terjadinya banjir. Metode yang paling sering digunakan adalah Metode Rasional (DR. Mononobe).

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

Keterangan:

Q : Debit banjir rencana (m³/det)

C : Koefisien pengaliran

I : Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A : Luas daerah pengaliran (ha)

Kecepatan Aliran

Kecepatan dalam saluran terbuka tidak merata di seluruh penampang. Di dekat permukaan saluran kecepatannya terhambat disebabkan oleh tahanan

dengan permukaan ini. Seandainya tidak ada tahanan selain tahanan dengan permukaan itu, maka kecepatan maksimum akan terjadi di permukaan air bebas [7]. Untuk menghitung kecepatan aliran terbuka menggunakan rumus Manning, yaitu:

$$V = kst \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{0,5}$$

Keterangan :

V : Kecepatan aliran (m/det)

Kst : Koefisien kekasaran manning

R : Jari-jari hidrolis saluran (m)

S : Kemiringan saluran

Kapasitas Penampang

$$Q = A \cdot V$$

Keterangan :

Q : Kapasitas saluran (m³/det)

A : Luas penampang saluran (m²)

V : Kecepatan aliran (m/det)

METODE PENELITIAN

Lokasi

Penelitian dilakukan di Daerah Aliran Sungai Kanal Banjir Barat yang dibagi menjadi lima titik berbeda dengan pembagian sebagai berikut.

1. Pintu Air Manggarai
2. Mas Manshur
3. Pintu Air Karet
4. Teluk Intan
5. Muara Teluk Jakarta

Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder yang diambil ada tiga jenis, yakni data curah hujan tahun 2010-2019 yang diambil dari situs *online* resmi dari BMKG, data luas daerah aliran sungai yang diambil menggunakan aplikasi *Google Earth*.

Tahapan Penelitian

Metode tahapan penelitian dalam artikel ini disajikan dengan diagram alir sebagai berikut

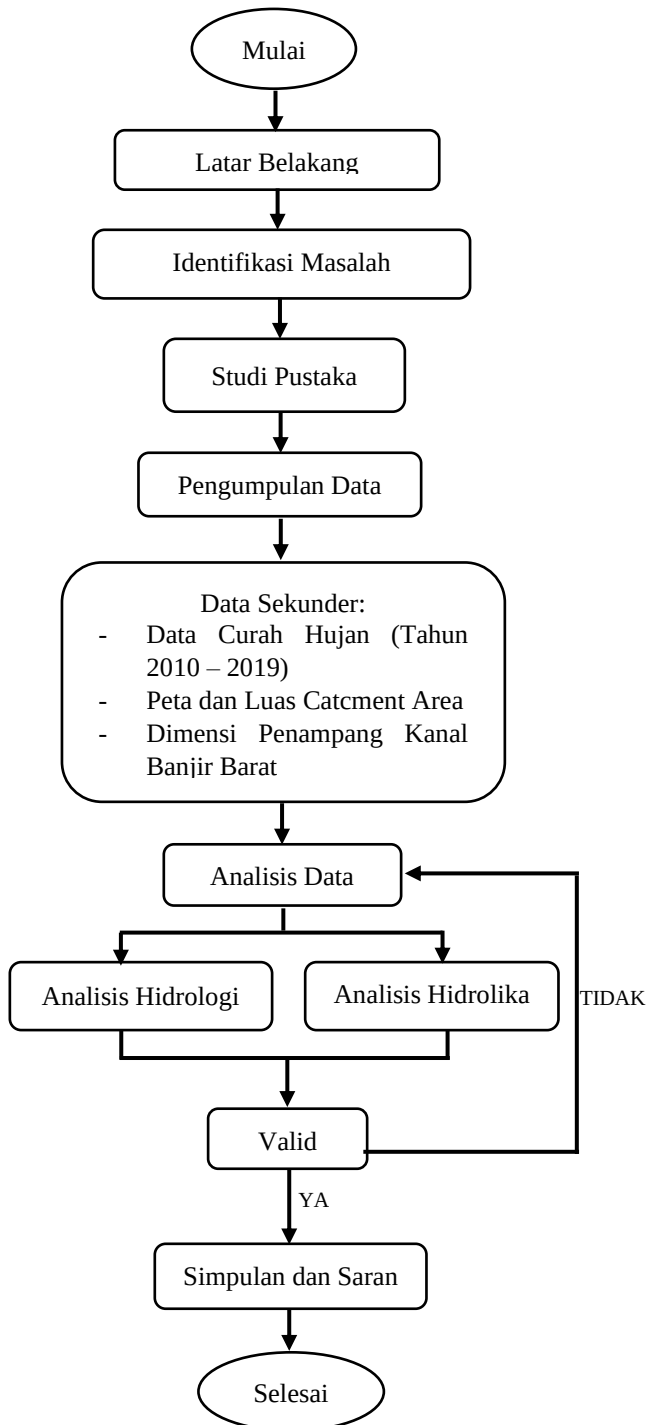


Diagram Metode Analisis Data

HASIL dan PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan yang Hilang

Terdapat data curah hujan yang hilang atau kurang lengkap di Stasiun Halim Perdana Kusuma pada tahun 2019. Digunakan metode rata-rata aritmatik untuk melengkapi data curah hujan tersebut.

- Curah Hujan Stasiun Kemayoran Januari 2019 = 86,6 mm
- Curah hujan Stasiun Tangerang Selatan Januari 2019 = 46 mm
- Jumlah stasiun hujan (n) = 2

$$p = \frac{86,6+46}{2} = 66,3 \text{ mm}$$

Tabel 1. Analisis Curah Hujan Stasiun Hujan yang Hilang

KEMAYORAN												
Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2010	73,9	68	85,7	20,7	21	43,8	73	55,5	57,9	93	39,9	52,2
2011	37	119,2	49	32,5	62,8	30,6	7,4	1,5	50,4	21,4	14	67,2
2012	55,7	16	56,3	59	42,4	42,6	21	0	19,2	12,5	105,2	54,2
2013	193,4	35,6	38	48,2	38,9	42,3	42,3	26,6	25,4	65,1	41,6	70,6
2014	147,9	108,2	26,2	53,5	12,1	62	46	36,9	0,1	37,5	41	49
2015	134,3	277,5	55,3	33,3	16,6	6,9	0	5,2	0	0	54,1	93,2
2016	30,8	115	90,8	124,5	53	59	76	50	59,8	21	51	14,8
2017	45	179,7	23,3	49,6	46,5	45,5	81,4	0,8	71	50	60,7	90,7
2018	46,4	104,6	51	52,3	7,8	67	14,5	32,8	36,6	94,5	47	23,4
2019	86,6	49	90,5	50,6	24,5	18,1	0	0	0	1	33	40

HALIM PERDANA KUSUMA												
Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2010	86,4	61,3	31,7	40	83,1	34,7	45	37,8	95	96,8	50,1	37,1
2011	21,6	305	23,5	19,4	64,2	18	12,3	0	5,6	32,4	89,6	22
2012	85,3	90,6	59,8	42	36,3	49,3	0,8	0	0	39,4	52,5	94,4
2013	161	43,8	87,7	73,7	66,3	18,6	67	0,2	3,2	24,5	66	31,8
2014	120,8	102,7	100,8	37,4	47,7	54,5	60,9	42,7	18,5	0	57,8	69,5
2015	67	124,6	124,5	92,6	26,8	28	0	1,7	0	1,2	36	80,6
2016	61,2	62,4	0	111,6	54	85,6	41,8	51,4	78,4	54,2	79,6	37,8
2017	43	136,3	42,2	91,6	26,2	24,4	4,9	19	2,6	55	39	62
2018	90,6	47,9	42	101,2	41,2	16,1	1,4	0	0	62,7	71,6	34,7
2019	66,3	63,2	61,05	50,1	48,95	28,75	1,5	4,2	0	17,15	54,5	40,85

TANGERANG SELATAN												
Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2010	61	59,5	30,2	59,2	40	47,5	89,8	63,7	108,9	103,6	36,5	24,5
2011	29,6	26,7	21,5	61,9	22,5	37,7	27	0	40,3	13,7	17	27,9
2012	49,2	70,3	29,4	74,4	59,2	43,4	7,3	8,5	5,3	20	63,6	79,8
2013	94	40	32,5	79,8	66,5	21	77,8	55,5	16,5	58,6	70,6	96
2014	81,6	119,5	25	51,2	57,8	76	46,2	68,5	20	13,3	58,8	35,6
2015	87,3	117	47,7	38,5	35,5	33	0	7,2	2	10	25,3	13,2
2016	56	67	44,2	0,2	23	0	50,5	58	60,5	41	97	17,5
2017	20	73,8	57	57,8	58	33	36	6	64	46,2	80,2	69,2
2018	26	38,3	36,8	86,3	45,8	26,5	1,5	3,8	43,5	27	65,4	84
2019	46	77,4	31,6	49,6	73,4	39,4	3	8,4	0	33,3	76	41,7

Curah Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan yang digunakan yaitu data curah hujan harian maksimum tahun 2010 – 2019.

Tabel 2. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Stasiun Hujan		
	Kemayoran	Halim Perdana Kusuma	Tangerang Selatan
2010	93	96,8	108,9
2011	119,2	305	61,9
2012	105,2	94,4	79,8
2013	193,4	161	96
2014	147,9	120,8	119,5
2015	277,5	124,6	117
2016	124,5	111,6	97
2017	179,7	136,3	80,2
2018	104,6	101,2	86,3
2019	90,5	66,3	77,4

Analisis Curah Hujan Metode Thiessen



Gambar 1. Polygon Thiessen untuk Kanal Banjir Barat

Berdasarkan gambar polygon thiesen tersebut dapat disimpulkan bahwa pos hujan yang berpengaruh adalah Stasiun Kemayoran, sehingga untuk analisis curah hujan hanya menggunakan satu pos hujan saja yaitu pos hujan Stasiun Kemayoran.

Tabel 3. Analisis Tebal Curah Hujan Rata-Rata Metode Thiessen

No	Tahun	CH Rata2 Thiessen (Xi) Kemayoran	Xa
1	2010	93	143,55
2	2011	119,2	
3	2012	105,2	
4	2013	193,4	
5	2014	147,9	
6	2015	277,5	
7	2016	124,5	
8	2017	179,7	
9	2018	104,6	
10	2019	90,5	

Analisis Distribusi Frekuensi

Tabel 4. Pemilihan Metode Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
Gumbel	$Cs \leq 1,1396$	1,479	TIDAK SESUAI
	$Ck \leq 5,4002$	34,166	TIDAK SESUAI
Log Pearson III	$Cs \neq 0$	0,880	SESUAI
Normal	$Cs = 0$	1,479	TIDAK SESUAI
	$Ck = 3$	34,166	TIDAK SESUAI
Log Normal	$Cs = 3Cv + Cv^2 = 3$	0,880	TIDAK SESUAI
	$Ck = 3,01$	34,166	TIDAK SESUAI

Berdasarkan hasil pemilihan distribusi tersebut, maka perhitungan distribusi frekuensi curah hujan untuk Kanal Banjir Barat menggunakan Metode Log Pearson III.

$$\log X_a = \frac{\sum \log X_i}{n}$$

$$\log X_T = \log X + K_T \cdot S_i$$

Tabel 5. Uji Distribusi Statistik Log Pearson III

No	Tahun	Log Xi	Log Xa	Log Xi - Log Xa (Z)	Z ²	Z ³
1	2010	1,968	21,292	-0,161	0,026	-0,004
2	2011	2,076		-0,053	0,003	0,000
3	2012	2,022		-0,107	0,011	-0,001
4	2013	2,286		0,157	0,025	0,004
5	2014	2,170		0,041	0,002	0,000
6	2015	2,443		0,314	0,099	0,031
7	2016	2,095		-0,034	0,001	0,000
8	2017	2,255		0,125	0,016	0,002
9	2018	2,020		-0,110	0,012	-0,001
10	2019	1,957		-0,173	0,030	-0,005
JUMLAH		21,292		0,0	0,224	0,025
Si		0,158				
Cs		0,880				

Sumber: Olahan Pribadi

Tabel 6. Perhitungan Curah Hujan Metode Log Person III

Gt	Nilai G	Log Xt (Log Xa + G. Si)	Periode Ulang	Curah Hujan (mm)
2	-0,150	2,106	2	127,538
5	0,895	2,270	5	186,357
10	1,388	2,348	10	222,875
20	1,595	2,381	20	240,277
25	2,059	2,454	25	284,410
50	2,529	2,528	50	337,365

Sumber: Olahan Pribadi

Analisis Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan Metode Dr. Mononobe dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

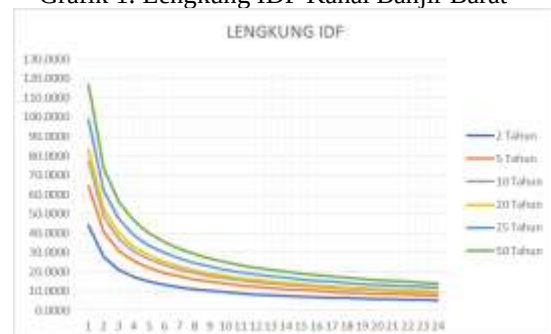
Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

T = Lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Grafik 1. Lengkung IDF Kanal Banjir Barat



Koefisien Pengaliran

$$C_w = \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + \dots + A_n \cdot C_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana:

C = Koefisien aliran permukaan untuk setiap sub *catchment area*.

A = Luas daerah pengaliran dengan karakteristik permukaan tanah yang sama.

Waktu Konsentrasi (tc)

$$tc = 0,0195 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

Dimana:

tc = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai

S = Kemiringan sungai

$$\begin{aligned} tc &= 0,0195 \cdot 4033^{0.77} \cdot 0,0006^{-0.385} \\ &= 203,964 \text{ menit} \\ &= 3,4 \text{ jam} \end{aligned}$$

Intensitas Hujan Berdasarkan tc

Tabel 7. Intensitas Curah Hujan Kanal Banjir Barat

Periode Ulang	Intensitas (mm/jam)			
	Mas Manshur	PA Karet	Teluk Intan	Muara Teluk Jakarta
2	19,775	36,344	10,820	15,632
5	28,895	53,105	15,809	22,842
10	34,557	63,511	18,907	27,318
20	37,255	68,470	20,384	29,451
25	44,098	81,046	24,128	34,860
50	52,308	96,137	28,620	41,351

Sumber: Olahan Pribadi

Analisis Debit Banjir Rencana

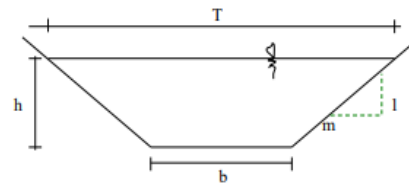
$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

Tabel 8. Hasil Perhitungan Debit Kanal Banjir Barat

Periode Ulang	Debit (m ³ /det)			
	Mas Manshur	PA Karet	Teluk Intan	Muara Teluk Jakarta
2	45,796	34,755	76,178	26,344
5	66,916	50,783	111,310	38,493
10	80,029	60,735	133,122	46,037
20	86,278	65,477	143,516	49,631
25	102,125	77,504	169,877	58,747
50	121,140	91,934	201,507	69,685

Sumber: Olahan Pribadi

Analisis Kapasitas Penampang



Gambar 2. Bentuk Penampang Trapesium

- Luas penampang saluran (m²)

$$A = (b + mh)h$$

- Keliling penampang basah saluran (m)

$$P = b + 2h(m^2 + 1)^{0.5}$$

- Jari-jari hidrolis saluran (m)

$$R = A / P$$

- Kecepatan aliran (m/det)

$$V = kst \cdot R^{2/3} \cdot S^0$$

- Debit saluran (m³/det)

$$Q = A \cdot V$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka kapasitas penampang pada setiap titik tinjauan yaitu sebagai berikut.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kapasitas Penampang Kanal Banjir Barat

Nama	b (m)	h (m)	m	S	kst	A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/det)	Kapasitas Penampang (m ³ /det)
Mas Manshur	22,8	7,44	1,5	0,0006	71,429	252,662	49,625	5,091	5,135	1,297,514
PA Karet	38,9	6,7	1,5	0,0001	33,333	327,965	63,057	5,201	1,021	334,939
Teluk Intan	89,9	5,15	2,0	0,0003	71,429	516,030	112,932	4,569	3,624	1,870,058
Muara Teluk Jakarta	42,6	2,33	1,5	0,0001	20,000	107,401	51,001	2,106	0,294	31,598

KESIMPULAN

Terdapat satu titik lokasi pada Kanal Banjir Barat tepatnya pada Muara Teluk Jakarta yang kapasitas penampangnya tidak dapat menampung debit pada periode ulang 5, 10, 20, 25, dan 50 tahunan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Taufiq dan D. Affandi, "Studi Longsor Struktur Tanggul (Studi Kasus: Tanggul Banjir Kanal Barat, Jakarta)," *Jurnal Teknik hidraulik*, vol. 5, no. 2, pp. 151-154, 2014.
- [2] R. Gunawan, *Gagalnya Sistem Kanal : Pengendalian Banjir dari Masa ke Masa*, Jakarta: Penerbit Buku Kompas, 2010.
- [3] K. Takeda dan S. Sosrodarsono, *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta: Pradnya Paramita, 1993.
- [4] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [5] S. DRS, M. AA, B. R. W. AH and D. A., "Pewilayahan Curah Hujan di Kabupaten Indramayu dengan Metode Gerombol (Berdasarkan Data Median Tahun 1980-2000)," *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 2011.
- [6] S. B. Jr., *Principles of Sedimentology and Statigraphy*, University of Oregon: Pearson Education, Inc., 1995.
- [7] E. Novriansyah, *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Efektivitas Banjir Kanal Barat*, Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2008.
- [8] F. Prawaka, A. Zakaria dan S. Tugiono, "Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, dan Cara Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus Curah Hujan Beberapa Stasiun Hujan Daerah Bandar Lampung)," *JRSSD*, vol. 4, no. 3, pp. 398-406, 2016.
- [9] F. M. Ramadhan, "Banjir Jakarta, Ada 13 Sungai Membelah Ibu Kota," *Tempo.co*, 2020. [Online]. Available: grafis.tempo.co/read/1946/banjir-jakarta-ada-13-sungai-membelah-ibu-kota. [Diakses 2 Juli 2021].
- [10] C. Soemarto, *Hidrologi Teknik*, Jakarta: Erlangga, 1995.
- [11] D. Supriyan, *Hidrologi*, Depok: Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, 2004.
- [12] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Andi, 2004.
- [13] W. Susilowati, *Hidrolika*, Depok: Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, 2013.
- [14] N. Yuniastiti and M. A. Marfai, "Prakiraan Debit Banjir Rencana Dalam Analisis Kapasitas Tampung Banjir Kanal Barat," *Jurnal Bumi Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 20-29, 2015.
- [15] N. A. Anggraini, V. Dermawan dan E. Purwati, "Analisis Efektivitas Penambahan Kapasitas Pintu Air Manggarai untuk Pengendalian Banjir di Wilayah Sungai Ciliwung," *Jurnal Teknik Pengairan*, vol. 6, no. 1, pp. 22-29, 2015.
- [16] Y. Afrianto, M. A. Marfai and M. P. Hadi, "Permodelan Bahaya Banjir dan Analisis Risiko Banjir Studi Kasus : Kerusakan Tanggul Kanal Banjir Barat Jakarta Tahun 2013," *Majalah Geografi Indonesia*, vol. 29, no. 1, pp. 95-110, 2015.