

Analisis Penanggulangan Banjir di Desa Karanganyar, Kecamatan Karanganyar Kabupaten Demak

Istianah, Dicky Hendrawan & Dimas Setyo Wibowo

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Semarang, Jl. Soekarno Hatta, RT.7/RW.7, Tlogosari Kulon, Kec. Pedurungan, Kota Semarang, Indonesia

Email: istianah.work@gmail.com

Dikirim: 24 Oktober 2024

Direvisi: 12 Januari 2025

Diterima: 20 Januari 2025

ABSTRAK

Salah satu penyebab terjadinya banjir adalah naiknya debit aliran di suatu sungai seperti yang terjadi pada bulan Februari tahun 2024 di mana banjir besar terjadi di beberapadaerah di Kecamatan Karanganyar akibat meluapnya debit banjir sungai Wulan. Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu dilakukan analisis penanggulangan banjir di sungai Wulan khusus desa Karanganyar. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis data debit sungai untuk menemukan solusi dari permasalahan banjir yang terjadi pada Desa Karanganyar tersebut. Data curah hujan yang digunakan berasal dari stasiun curah hujan Karanganyar. Berdasarkan hasil analisis diperoleh debit banjir puncak Hidrograf HSS Nakayasu $Q_{10} = 3829,424 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan kapasitas debit *existing* alur sungai $Q = 10,173,47 \text{ m}^3/\text{dt}$, dapat disimpulkan bahwa Sungai Wulan masih dapat menampung debit aliran dan berpotensi banjir. Untuk menjaga tidak terjadi lagi luapan air (tanggul jebol) maka diperlukan peninggian tanggul setinggi $\pm 1 \text{ m}$, sehingga dapat menahan debit air sebesar $Q = 13.882,51 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Kata kunci: banjir, curah hujan, debit banjir puncak

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Demak merupakan salah satu dari 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah. Luas wilayah Kabupaten Demak tercatat sebesar 897.43 Ha dengan sebagian besar wilayahnya merupakan lahan sawah yaitu seluas 51.558 Ha (57,47%) dan selebihnya adalah kebun, bangunan, dan tambak seluas 38.185 Ha (42,53%). Sawah yang ada terdiri dari sawah berpengairan teknis 37,25% dan sawah hujan 19,33%. Sedangkan untuk lahan kering 14,93% digunakan untuk perkebunan, 17,12% digunakan untuk bangunan dan lahan, serta 10,63% digunakan untuk tambak. Kabupaten Demak terbagi menjadi 14 kecamatan yang terdiri dari 243 desa dan 6 kelurahan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Demak, 2020).

Karanganyar adalah sebuah kecamatan yang masuk di Kabupaten Demak, Jawa Tengah, Indonesia. Kecamatan Karanganyar berjarak sekitar 18 km dari ibu kota Kabupaten Demak ke arah timur (Kabupaten Karanganyar, 2024). Pada tanggal 3-5 Februari 2024 terjadi hujan deras intensitas tinggi yang mengakibatkan banjir di kecamatan Karanganyar kabupaten Demak setinggi 3 meter. Banjir ini merupakan akibat dari jebolnya tanggul sungai Wulan. Air banjir memasuki jalan raya utama Demak Kudus tepatnya di Kecamatan Karanganyar yang berbatasan dengan Kabupaten Kudus. Terdapat 2 (dua) titik tanggul sungai Wulan di hulu dari jembatan Tanggulangin di kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Saat ini tanggul tersebut (Gambar 1) masih dilakukan penutupan/rekondisi tanggul sungai Wulan. Tanggul jebol pada sisi kiri sungai Wulan ini berdampak pada pemukiman yang berdekatan dengan tanggul tersebut di Kabupaten Demak (Kompas, 2024).

Pada hakekatnya pengendalian banjir merupakan suatu yang kompleks. Dimensi rekayasanya (engineering) melibatkan banyak disiplin ilmu teknik antara lain: hidrologi, hidraulika, erosi DAS, teknik sungai, morfologi & sedimentasi sungai, rekayasa sistem pengendalian banjir, sistem drainase kota, bangunan air lainnya (Br, 1993; Triatmodjo, 2015). Di samping itu suksesnya program pengendalian banjir juga tergantung dari aspek lainnya yang menyangkut sosial, ekonomi, lingkungan, institusi, kelembagaan, hukum dan lainnya. Politik juga merupakan aspek yang penting, bahkan kadang menjadi paling penting (Astuti and Sudarsono, 2018). Pada dasarnya kegiatan pengendalian banjir adalah suatu kegiatan yang meliputi aktivitas beberapa aktivitas seperti mengenali besarnya debit banjir, mengisolasi daerah genangan banjir dan mengurangi tinggi elevasi air banjir.

Teknis penanganan pengendalian banjir dapat dibedakan menjadi dua yaitu pengendalian banjir secara teknis (metode struktur) dan bangunan pengendali banjir, seperti bendungan (dam)/waduk, kolam retensi/penampungan, pembuatan *check dam* (penangkap sedimen), bangunan pengurang kemiringan sungai, *ground sill* dan *drop structure*, *retarding basin*, pembuatan polder. Metode struktur yaitu sistem perbaikan dan pengaturan sungai, seperti *river improvement* (perbaikan/peningkatan sungai), tanggul, sudetan (by pass/short-cut)

dan *floodway* dan sistem drainase khusus (Hermawan, 2019; Kanza et al., 2017; Nurcahyani, 2019). Metode pengendalian banjir secara non teknis (metode non-struktur) dapat dilakukan berupa pengelolaan DAS dan pengaturan tata guna lahan, pengendalian erosi, pengembangan dan pengaturan daerah banjir, penanganan kondisi darurat, peramalan dan sistem peringatan banjir, *law enforcement* dan penyuluhan pada Masyarakat (Fatharani et al., 2018). Semua kegiatan tersebut dilakukan pada prinsipnya dengan tujuan menurunkan serta memperlambat debit banjir di hulu, sehingga tidak mengganggu daerah-daerah peruntukan di sepanjang sungai, mengalirkan debit banjir ke laut secepat mungkin dengan kapasitas cukup di bagian hilir, menambah atau memperbesar dimensi tampang alur sungai, memperkecil nilai kekasaran alur sungai, pelurusan atau pemendekan alur sungai pada sungai berbelok atau bermeander (pelurusan ini harus sangat hati-hati dan minimal harus mempertimbangkan geomorfologi Sungai), pengendalian transpor sedimen (Harmani and Soemantoro, 2015). Terdapat beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis bangunan pengendalian banjir yaitu pengaruh regim sungai terutama erosi dan sedimentasi (degradasi dan aggradasi sungai) dan hubungannya dengan biaya pemeliharaan, kebutuhan perlindungan erosi di daerah kritis, pengaruh bangunan terhadap lingkungan, perkembangan pembangunan daerah dan terakhir pengaruh bangunan terhadap kondisi aliran di sebelah hulu dan sebelah hilirnya.



Gambar 1. Lokasi tanggul jebol sungai Wulan

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hidrologi kejadian banjir, design struktur tanggul, hidrolika OP kapasitas aliran S Wulan S Juana, *land subsidence* masalah mekanika tanahnya. Selain itu juga digunakan peta topografi dan peta dari *Google Earth*. Adapun bagan alir penelitian ini dipaparkan pada Gambar 2.

a. Data hidrologi curah hujan

Metode yang digunakan untuk menghitung hujan rencana tahunan yaitu distribusi Gumbel, LogPerson Type III, Probabilitas Normal dan Probabilitas Log Normal. Untuk mendapatkan curah hujan rancangan (R_t) dilakukan melalui analisis frekuensi sebagai berikut:

1. Metode Distribusi Normal

$$XT = X + KT \times S$$

Di mana XT adalah hujan rencana, X adalah nilai rata-rata dari hujan, S adalah standar deviasi dari data hujan dan KT adalah faktor frekuensi.

2. Metode distribusi log normal

$$YT = Y + KT \times S$$

Di mana YT adalah periode nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T , Y adalah nilai rata-rata hitung varian, S adalah standar deviasi dari data hujan dan KT adalah faktor frekuensi.

3. Perhitungan curah hujan rencana metode Gumbel. Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Pada metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi dobel eksponensial. Rumus metode distribusi frekuensi Gumbel adalah:

$$\text{Log } XT = \text{Log } X + (KT \times S \text{ Log } X)$$

Di mana $\text{Log } XT$ adalah hujan rencana (mm), $\text{Log } X$ adalah nilai rata-rata dari hujan, $S \text{ Log } X$ adalah standar deviasi dari data hujan dan KT adalah faktor frekuensi Gumbel.

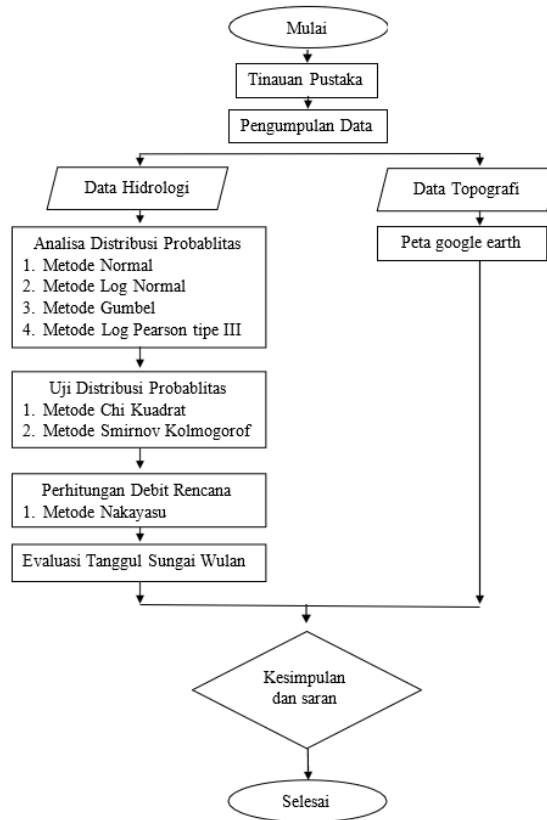
4. Metode distribusi log Pearson tipe III

Distribusi log Pearson tipe III atau distribusi ekstrim tipe III digunakan untuk analisis variabel hidrologi

dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (lowflows). Metode distribusi log pearson tipe III dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Log } XT = \text{Log } X + (KT \times S \text{ Log } X)$$

Di mana $\text{Log } XT$ adalah nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T , $\text{Log } X$ adalah nilai rata-rata, $S \text{ Log } X$ adalah standar deviasi dari data hujan, KT adalah variabel standar yang besarnya tergantung koefisien kemencengan (C_s atau G pada tabel frekuensi KT untuk Distribusi Log Pearson III).



Gambar 2. Bagan alir penelitian

b. Metode perhitungan debit banjir

Metode yang digunakan untuk perhitungan debit banjir di antaranya:

1. Analisis metode distribusi probabilitas yang sesuai dilakukan dengan membandingkan persyaratan masing-masing jenis distribusi dengan parameter yang sudah dihitung. Hasil dari perbandingan parameter data curah hujan dengan persyaratan masing-masing jenis distribusi akan menghasilkan kesimpulan sementara metode-metode apa yang paling cocok.
2. Uji kecocokan data dilanjutkan dengan menggunakan dua pengujian yaitu uji Chi- Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov. Hasil dari pengujian metode ini akan dipilih satu metode yang paling sesuai untuk perhitungan debit banjir.
3. Analisis debit rencana yaitu menentukan debit banjir rencana. Metode yang digunakan adalah metode Rasional. Pada metode ini dibutuhkan nilai Koefisien limpasan, intensitas hujan (dari kurva IDF) dan luas area tangkapan hujan.

$$Q_r = 0,278 \times C \times I \times A$$

Di mana Q_r adalah debit rencana dalam saluran (m^3), A adalah luas penampang basah saluran (m^2), I adalah Intensitas hujan (mm/jam), C adalah koefisien limpasan.

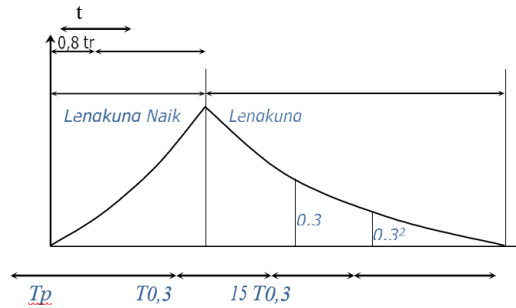
c. Metode Nakayasu

Bentuk unit hidrograf secara umum ditentukan oleh curah hujan dalam waktu tertentu (unit duration atau standart duration), curah hujan harian dapat dipecah-pecahkan menjadi sejumlah komponen curah hujan yang sesuai dengan *unit duration* atau *standart duration* yang ditentukan dalam teori yang dipakai.

$$R_0 = R_{24}/t$$

$$R_t = R_0 \left(\frac{5}{T} \right)^{2/3}$$

Di mana R_0 adalah hujan rata-rata setiap jam (mm/jam), R_t adalah intensitas hujan dalam T jam (mm/jam), R_{24} adalah hujan harian efektif (mm), t adalah waktu dari mulai hujan (jam), T adalah waktu konsentrasi hujan (jam). Parameter unit hidrograf yang dimaksud di atas adalah angka-angka tertentu yang menentukan bentuk hidrograf (Gambar 3). Di mana Tg adalah *time lag*, yaitu waktu antara titik berat hujan dan titik berat hidrograf, Tp adalah *peak time*, yaitu waktu antara saat mulainya hidrograf dan saat debit maksimum $Tb = \text{time base}$ dari hidrograf.



Gambar 3. Hidrograf satuan metode Nakayasu

Prosedur perhitungan hidrograf satuan metode Nakayasu adalah sebagai berikut.

a) Parameter unit hidrograf

$$Tp = Tg + 0,8 tr$$

Di mana $Tg = 0,40 + 0,058 L$ untuk $L > 15$ km, $Tg = 0,21 L^{0,70}$ untuk $L < 15$ km, Tp adalah *peak time* (jam), Tg adalah *time lag* yaitu waktu terjadinya hujan sampai terjadinya debit puncak (jam), tr adalah satuan waktu curah hujan (jam) dan L adalah panjang Sungai.

b) Debit puncak banjir

$$Qp = \frac{1}{36} AR_0 \frac{1}{0,3 Tp + T_{0,3}}$$

Dengan A adalah luas daerah pengaliran (km^2), R_0 adalah curah hujan spesifik (mm), $T_{0,3} = \alpha Tg$, α adalah koefisien antara 1,5 – 3,5. Nilai α dapat dihitung dengan pendekatan $\alpha = \frac{1}{36} 0,47 (A \cdot L)^{0,25}$

c) Perhitungan unit hidrograf

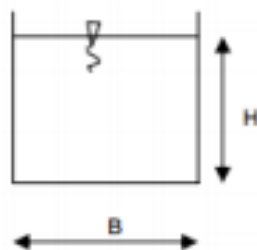
$$\text{Lengkung Naik } Qp \left(\frac{t}{Tp} \right)^{2,4}$$

$$\text{Lengkung Turun } Qp \left(0,3 \frac{(t - Tp)}{T_{0,3}} \right)$$

d. Geometri Penampang Melintang Saluran

1. Penampang berbentuk persegi

Bentuk penampang melintang persegi yang paling ekonomis adalah jika kedalaman air setengah dari lebar dasar saluran atau jari – jari hidrauliknya setengah dari kedalaman air. Gambar 4 adalah model penampang persegi.



Gambar 4. Penampang Persegi

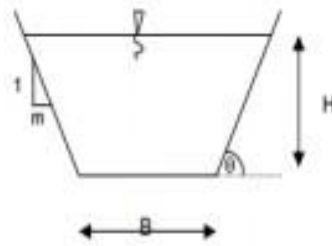
$$A = B \times H$$

$$P = B + 2H$$

$$R = A / p$$

2. Penampang berbentuk trapesium

Bentuk penampang melintang trapesium yang paling ekonomis adalah jika kemiringan dindingnya, $m = (1 / 2)$. Trapesium yang terbentuk berupa setengah segi enam beraturan (heksagonal) (Gambar 5).



Gambar 5. Penampang Trapesium.

$$A = (b + m \times h) \times h$$

$$P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1}$$

$$P = \frac{A}{P}$$

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisa hidrologi

Dalam analisis hidrologi dilakukan beberapa tahap untuk memperoleh debit sampai pada tahun rencana yaitu pengumpulan data curah hujan, analisis frekuensi hujan, pemilihan jenis metode distribusi, analisis curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu dan analisis intensitas hujan.

3.2 Penentuan distribusi

Penentuan distribusi dilakukan untuk mendapatkan hujan rencana periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Penentuan distribusi yang dilakukan adalah Distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson Tipe III dan Distribusi Gumbel.

1. Distribusi Normal

Analisis hujan menggunakan data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2015 hingga 2023 di Stasiun Klimatologi Karanganyar Demak. Data curah hujan harian maksimum disajikan pada Tabel 1. Hasil perhitungan hujan rencana untuk Distribusi Normal untuk periode ulang 2 tahun 119,38 mm, periode ulang 5 tahun 142,593 mm dan periode ulang 10 tahun 154,752 mm. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Data curah hujan maksimum 10 tahun (mm/hari)

No.	Tahun	Hujan Maksimum Harian Rmax (mm)	Tanggal
1	2014	156	9 Februari
2	2015	140,3	19 April
3	2016	101,2	30 Desember
4	2017	131,7	18 November
5	2018	97,4	21 Februari
6	2019	110	23 Maret
7	2020	163,9	28 Desember
8	2021	92,3	23 November
9	2022	118	27 November
10	2023	83	6 Mei
R		: Rata-rata 119,38	
Sd :		Standar Deviasi 27,63419	
Cs :		Koef. Skewness 0,414049	
Ck :		Koef. Kurtosis -1,12768	

Sumber: Stasiun Klimatologi Karanganyar Demak

Tabel 2. Hasil Perhitungan Distribusi Normal

No	Tahun	Hujan Harian (Xi)	(Xi-X)	(Xi-X) ²
1	2014	156	36,62	1341,0244
2	2015	140,3	20,92	437,6464
3	2016	101,2	-18,18	330,5124
4	2017	131,7	12,32	151,7824
5	2018	97,4	-21,98	483,1204
6	2019	110	-9,38	87,9844
7	2020	163,9	44,52	1982,0304
8	2021	92,3	-27,08	733,3264
9	2022	118	-1,38	1,9044
10	2023	83	-36,38	1323,5044
Jumlah		1193,8		6872,836
Xrata		119,38		
st deviasi		27,63419		

Tabel 3. Hasil Perhitungan Hujan Rencana Distribusi Normal

No	Periode ulang	X	Faktor Frekuensi (Kt)	S	XT
1	2	119,38	0	27,63419	119,38
2	5	119,38	0,84	27,63419	142,593
3	10	119,38	1,28	27,63419	154,752

Faktor frekuensi (Kt) Periode Ulang (Tabel)

2 tahun = 0

5 tahun = 0,84

10 thn = 1,28

2. Distribusi Log Normal

Perhitungan hujan rencana Distribusi Log Normal dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut. Data curah hujan Distribusi Log Normal dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil perhitungan hujan rencana untuk Distribusi Log Normal untuk periode ulang 2 tahun 116,3639 mm, periode ulang 5 tahun 141,4004 mm dan periode ulang 10 tahun 156,4556 mm. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Data Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

No	Tahun	Xi	log Xi	(Log Xi- Log X) ²	(Log Xi-LogX) ³	(Log Xi-LogX) ⁴
1	2014	156	2,193125	0,016017561	0,002027191	0,000256562
2	2015	140,3	2,147058	0,006479216	0,000521535	4,19802E-05
3	2016	101,2	2,005181	0,003767944	-0,00023129	1,41974E-05
4	2017	131,7	2,119586	0,002811299	0,00014906	7,9034E-06
5	2018	97,4	1,988559	0,006084802	-0,000474646	3,70248E-05
6	2019	110	2,041393	0,0006336	-1,59486E-05	4,01449E-07
7	2020	163,9	2,214579	0,021908398	0,003242768	0,000479978
8	2021	92,3	1,965202	0,010274335	-0,001041431	0,000105562
9	2022	118	2,071882	2,82802E-05	1,50392E-07	7,99769E-10
10	2023	83	1,919078	0,021752121	-0,003208133	0,000473155
jumlah		1193,8	20,66564	0,089757555	0,000969256	0,001416765
Xrata		119,38	2,066564			
st deviasi			0,099865			
Koef Skewness			0,135165			
Koef. Kurtosis			-1,23041			

Tabel 5. Hasil Perhitungan Hujan Rencana Ditribusi Log Normal

No	Periode ulang	Log X	Kt	S log X	Log Xt	XT
1	2	2,066564	0	0,09987	2,066564	116,5639
2	5	2,066564	0,84	0,09987	2,1504506	141,4004
3	10	2,066564	1,28	0,09987	2,1943912	156,4556

3. Distribusi Log Pearson III

Perhitungan hujan rencana Distribusi Log Pearson III dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut. Data curah hujan distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil perhitungan hujan rencana untuk Distribusi Log Pearson Tipe III periode ulang 2 tahun 116,5639 mm, periode ulang 5 tahun 141,4005 mm dan periode ulang 10 tahun 156,4558. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Data Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	Hujan Harian (Xi)	Log Xi	(Log Xi-LogXrt)	(log Xi-Log Xrt) ²	(log Xi-Log Xrt) ³
1	2014	156	2,1931246	0,126560503	0,016017561	0,002027191
2	2015	140,3	2,14705767	0,080493576	0,006479216	0,000521535
3	2016	101,2	2,00518051	-0,061383583	0,003767944	-0,00023129
4	2017	131,7	2,11958577	0,05302168	0,002811299	0,00014906
5	2018	97,4	1,98855896	-0,078005138	0,006084802	-0,000474646
6	2019	110	2,04139269	-0,02517141	0,0006336	-1,59486E-05
7	2020	163,9	2,21457895	0,148014858	0,021908398	0,003242768
8	2021	92,3	1,9652017	-0,101362394	0,010274335	-0,001041431
9	2022	118	2,07188201	0,005317912	2,82802E-05	1,50392E-07
10	2023	83	1,91907809	-,147486003	0,021752121	-,003208133
Jumlah			20,665641		0,089757555	0,000969256
Log Xrata			2,0665641			
S Log Xi			0,09986522			
Cs			0,13516462			

Tabel 7. Hasil Perhitungan curah hujan rencana distribusi Log Pearson Tipe III

No	Periode ulang	Log Xrt	Kt	S Log X	Log Xt	XT
1	2	2,0665641	0	0,09987	2,06656	116,5639
2	5	2,0665641	0,84	0,09987	2,15045	141,4005
3	10	2,0665641	1,28	0,09987	2,19439	156,4558

3.3 Data - data untuk perhitungan debit banjir metode Nakayasu

Data - data untuk perhitungan debit banjir metode Nakayasu untuk periode 2, 5 dan 10 tahun dipaparkan pada Tabel 8, 9 dan 10 berikut. Tabel 11 adalah hasil resume dari metode HHS Nakayasu yang dilakukan. Dari tabel tersebut menentukan nilai Q rencana yang nantinya akan dijadikan sebagai acuan dalam analisis kapasitas alur sungai. Berdasarkan hal tersebut metode yang dipakai adalah metode HSS Nakayasu untuk periode ulang 10 tahun.

Tabel 8. Perhitungan debit rencana menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu

t (jam)	Q HSS (m ³ /dt)	Debit Banjir Rencana 2 (mm)						Qb (m ³ /dt)	Debit Total Qtotal (m ³ /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6		
0	0	0						54	54
1	1,684	39,890	0					54	93,89067858
2	8,888	210,544	10,3688	0				54	274,913112
3	23,520	557,137	54,7271	7,27183	0			54	673,1365007
4	46,914	1111,259	144,818	38,381	5,789	0		54	1354,247771
5	80,147	1898,451	288,851	101,563	30,559	4,888869	0	54	2378,313355
6	71,267	1688,109	493,467	202,576	80,864	25,803605	4,27418	54	2549,095139
7	62,706	1485,32	438,793	346,076	161,291	68,280927	22,5593	54	2576,320853
8	55,173	1306,891	386,082	307,732	275,546	136,19225	59,6958	54	2526,139851
9	48,545	1149,897	339,702	270,765	245,017	232,66787	119,069	54	2411,117529
10	42,7137	1011,762	298,895	238,239	215,583	206,88907	203,414	54	2228,781542
11	37,582	890,2207	262,989	209,619	189,685	182,03587	180,876	54	1969,427225
12	33,067	783,2801	231,396	184,438	166,899	160,16823	159,148	54	1739,330486
13	29,095	689,1861	203,599	162,282	146,850	140,92752	140,03	54	1536,874844
14	25,600	606,3955	179,141	142,787	129,209	123,99816	123,208	54	1358,739824
15	5,567	1,32E-45	149,182	110,542	100,030	95,996206	95,3848	54	605,1354373
16	2,926	6,93E-49	3,4E-46	104,623	88,013	84,464359	83,9264	54	415,0281756
17	1,537	3,64E-52	1,8E-49	2,4E-46	83,301	74,317811	73,8445	54	285,4636584
18	8,083	1,91E-55	9,5E-53	1,3E-49	1,913	70,338526	64,9737	54	189,3122099
19	4,248	1,01E-58	5E-56	6,6E-53	1,005	1,616E-46	61,4947	54	115,4947221
20	2,232	5,29E-62	2,6E-59	3,5E-56	5,287	8,494E-50	1,4E-46	54	54
21	1,173	2,78E-65	1,4E-62	1,8E-59	2,778	4,465E-53	7,4E-50	54	54

22	6,168	1,46E-68	7,2E-66	9,6E-63	1,460	2,347E-56	3,9E-53	54	54
23	3,242	7,68E-72	3,8E-69	5,1E-66	7,676	1,233E-59	2,1E-56	54	54
24	3,254	7,71E-79	3,5E-75	1,4E-72	2,120	3,407E-66	5,7E-63	54	54
25	1,129	2,68E-81	2E-79	2,5E-75	1,114	1,791E-69	3E-66	54	54
26	3,921	9,29E-84	7E-82	1,4E-79	1,961	9,412E-73	1,6E-69	54	54
27	1,361	3,22E-86	2,4E-84	4,9E-82	1,118	1,656E-75	8,2E-73	54	54
28	4,724	1,12E-88	8,4E-87	1,7E-84	3,883	9,447E-80	1,4E-75	54	54
29	1,640	3,88E-91	2,9E-89	5,9E-87	1,348	3,279E-82	8,3E-80	54	54
								Qpuncak	2576,320853

Tabel 9. Debit banjir rencana kala ulang 5 tahun

t (jam)	Q HSS (m ³ /dt)	Debit Banjir Rencana 5 (mm)						Qb (m ³ /dt)	Debit Total Qtotall (m ³ /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6		
		30,912	8,034	5,636	4,486	3,789	3,312		
0	0	0						54	54
1	1,684	52,05812	0					54	106,0581186
2	8,888	274,7644	13,5299	0				54	342,294254
3	23,520	727,0754	71,411	9,49145	0			54	861,9779051
4	46,914	1450,215	188,966	50,0961	7,554	0		54	1750,832324
5	80,147	2477,516	376,91	132,563	39,87	6,380	0	54	3087,244174
6	71,267	2203,016	643,904	264,409	105,514	33,67	5,57766	54	3310,099919
7	62,706	1938,372	572,562	451,711	210,457	89,120	29,439	54	3345,661029
8	55,173	1705,519	503,781	401,663	359,541	177,758	77,9009	54	3280,162687
9	48,545	1500,638	443,263	353,412	319,701	303,678	155,38	54	3130,07607
10	42,713	1320,369	390,014	310,957	281,293	270,031	265,448	54	2892,120018
11	37,582	1161,755	343,163	273,602	247,508	237,593	236,037	54	2553,658951
12	33,067	1022,196	301,939	240,735	217,779	209,051	207,683	54	2253,379532
13	29,095	899,4014	265,668	211,816	191,61	183,931	182,734	54	1989,172126
14	25,600	791,358	233,754	186,371	168,596	161,842	160,783	54	1756,703468
15	5,567	1,72E-45	194,661	144,284	130,522	125,299	124,474	54	773,2349547
16	2,926	9,04E-49	4,5E-46	136,558	114,84	110,241	109,521	54	525,1651817
17	1,5379E-53	4,75E-52	2,4E-49	3,1E-46	108,69	96,99	96,3644	54	356,0581364
18	8,083	2,5E-55	1,2E-52	1,6E-49	2,4E-46	91,80	84,7884	54	230,5943041
19	4,2484	1,31E-58	6,5E-56	8,7E-53	1,3E-49	2,1E-46	80,2484	54	134,2484317
20	2,2329	6,9E-62	3,4E-59	4,6E-56	6,8E-53	1,1E-49	1,8E-46	54	54
21	1,17363	3,63E-65	1,8E-62	2,4E-59	3,6E-56	5,8E-53	9,7E-50	54	54
22	6,168	1,91E-68	9,4E-66	1,3E-62	1,9E-59	3,0E-56	5,1E-53	54	54
23	3,242	1E-71	5E-69	6,6E-66	1,0E-62	1,6E-59	2,7E-56	54	54
24	3,254	1,01E-78	4,6E-75	1,8E-72	2,7E-69	4,4E-66	7,4E-63	54	54
25	1,129	3,49E-81	2,6E-79	3,2E-75	1,4E-72	2,3E-69	3,9E-66	54	54
26	3,921	1,21E-83	9,1E-82	1,8E-79	2,5E-75	1,2E-72	2E-69	54	54
27	1,361	4,21E-86	3,2E-84	6,4E-82	1,4E-79	2,1E-75	1,1E-72	54	54
28	4,76E-90	1,46E-88	1,1E-86	2,2E-84	5,0E-82	1,2E-79	1,9E-75	54	54
29	1,6E-92	5,07E-91	3,8E-89	7,7E-87	1,7E-84	4,28E-82	1,1E-79	54	54
								Qpuncak	3345,661029

Tabel 10. Debit banjir rencana kala ulang 10 tahun

t (jam)	Q HSS (m ³ /dt)	Debit Banjir Rencana 10(mm)						Qb (m ³ /dt)	Debit Total Qtotall (m ³ /dt)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6		
		35,455	9,215	6,464	5,146	4,345	3,798		
0	0	0						54	54
1	1,684	59,708	0					54	113,7088702
2	8,888	315,145	15,5187	0				54	384,6640552
3	23,520	833,930	81,9084	10,8859	0			54	980,7248203
4	46,914	1663,347	216,744	57,4559	8,666	0		54	2000,213372
5	80,147	2841,626	432,315	152,039	45,740	7,317	0	54	3533,037617
6	71,267	2526,783	738,558	303,254	121,038	38,620	6,39612	54	3788,650789
7	62,706	2223,245	656,728	518,073	241,421	102,197	33,7589	54	3829,424568
8	55,173	1956,171	577,837	460,672	412,438	203,842	89,3321	54	3754,293243
9	48,545	1721,18	508,422	405,332	366,7416	348,240	178,181	54	3582,097307
10	42,713	1514,418	447,347	356,641	322,685	309,656	304,4	54	3309,146852
11	37,582	1332,494	393,608	313,798	283,922	272,458	270,673	54	2920,952601
12	33,067	1172,424	346,324	276,102	249,815	239,728	238,158	54	2576,550874
13	29,095	1031,582	304,721	242,934	219,805	210,930	209,548	54	2273,521491
14	25,600	907,6604	268,115	213,751	193,400	185,591	184,376	54	2006,894468
14.43	24,229	859,0604	235,907	188,074	170,167	163,296	162,227	54	1832,732502

15	5,567	1,97E-45	223,276	165,481	149,725	143,680	142,739	54	878,9012043
16	2,926	1,04E-48	5,1E-46	156,62	131,739	126,420	125,592	54	594,3716558
17	1,537	5,45E-52	2,7E-49	3,6E-46	124,685	111,233	110,505	54	400,4238989
18	8,083	2,87E-55	1,4E-52	1,9E-49	2,864	105,277	97,2301	54	256,5077305
19	4,2484	1,51E-58	7,4E-56	9,9E-53	1,505	2,419	92,024	54	146,0240168
20	2,232	7,92E-62	3,9E-59	5,2E-56	7,914	1,271	2,1E-46	54	54
21	1,1736	4,16E-65	2,1E-62	2,7E-59	4,159	6,682	1,1E-49	54	54
22	6,168	2,19E-68	1,1E-65	1,4E-62	2,186	3,512	5,8E-53	54	54
23	3,242	1,15E-71	5,7E-69	7,6E-66	1,149	1,846	3,1E-56	54	54
23,84	5,704	2,02E-74	3E-72	4E-69	6,039	9,702	1,6E-59	54	54
24	3,254	1,15E-78	5,3E-75	2,1E-72	3,174	5,099	8,5E-63	54	54
25	1,129	4E-81	3E-79	3,7E-75	1,668	2,68	4,5E-66	54	54
26	3,921	1,39E-83	1E-81	2,1E-79	2,935	1,409	2,3E-69	54	54
27	1,361	4,83E-86	3,6E-84	7,3E-82	1,674	2,478	1,2E-72	54	54
28	4,724	1,68E-88	1,3E-86	2,5E-84	5,812	1,414	2,2E-75	54	54
29	1,640	5,82E-91	4,4E-89	8,8E-87	2,017	4,908	1,2E-79	54	54
								Qpuncak	3829,424568

Tabel 11. Resume debit banjir rencana

Periode Ulang Tahun	Metode yang digunakan Nakayasu
2	2576,320853
5	3345,661029
10	3829,424568

3.4 Analisis kapasitas aliran existing dan normalisasi

Untuk selanjutnya menghitung kapasitas aliran existing yang tercantum di bawah ini:

1. Analisis kapasitas aliran existing

Daya tampung sungai dalam kondisi existing sungai dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

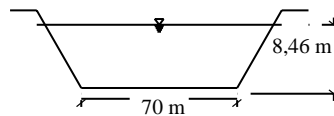
$$Q = A.V$$

a. Dimensi saluran

Data yang didapat dari data yaitu:

$$b = 70 \text{ m}; h = 8,460 \text{ m}$$

talud = 1 : 2; maka, $m = 2$



b. Luas tampang aliran: $A = (b + m \times h) \times h = (70 + 2 \times 8,460) \times 8,460 = 735,343 \text{ m}^2$

c. Keliling basah

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$P = 70 + 2 \times 8,460\sqrt{2^2 + 1} = 104,84 \text{ m}$$

d. Jari-jari hidrolis: $R = \frac{A}{P} = \frac{735,343}{104,84} = 7,014 \text{ m}^2$

e. Kecepatan Aliran: $V = \frac{1}{n}R^{2/3} \times i^{1/2} = \frac{1}{0,022}7,04^{2/3} \times 0,0069^{1/2} = 13,835 \text{ m}/dt$

f. Debit aliran: $Q = A \times V = 735,343 \times 13,835 = 10.173,47 \text{ m}^3/dt$

Dengan melihat kondisi existing sungai Wulan $B = 70 \text{ m}, H = 8,460 \text{ m}$, maka kapasitas debit yang bisa ditampung oleh sungai Wulan sebesar $10.173,47 \text{ m}^3/dt$, lebih besar dibandingkan $Q_{10 \text{ rencana}} = 3829,424 \text{ m}^3/dt$, sehingga kapasitas sungai dapat menampung debit tahunan (Q_{10}), sehingga tidak perlu normalisasi.

2. Analisis kapasitas aliran normalisasi

Untuk menanggulangi debit air yang lebih tinggi bila terjadi curah hujan yang tinggi, perlu adanya peninggian tanggul sungai Wulan. Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = A.V$$

- a. Dimensi saluran
 $b = 70 \text{ m}$ $h = 9,550 \text{ m}$
 talud = 1 : 2; maka, $m = 2$
- b. Luas tampang aliran: $A = (b + m \times h) \times h = (70 + 2 \times 9,550) \times 9,550 = 850,905 \text{ m}^2$
- c. Keliling basah

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$P = 70 + 2 \times 9,550\sqrt{2^2 + 1} = 112,708 \text{ m}$$

- d. Jari-jari hidrolis: $R = \frac{A}{P} = \frac{850,905}{112,708} = 7,549 \text{ m}^2$
- e. Kecepatan Aliran: $V = \frac{1}{n} R^{2/3} \times i^{1/2} = \frac{1}{0,022} 7,549^{2/3} \times 0,0087^{1/2} = 16,315 \text{ m/dt}$
- f. Debit aliran: $Q = A \times V = 850,905 \times 16,315 = 13.882,51 \text{ m}^3/\text{dt}$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis perhitungan diperoleh kesimpulan bahwa kondisi *existing* sungai Wulan dapat menampung debit banjir rencana $Q_{10} = 3829,424 \text{ m}^3/\text{dt}$, sehingga dapat disimpulkan kondisi *existing* $Q = 10.173,47 \text{ m}^3/\text{dt}$ masih dapat menahan debit rencana. Namun untuk menjaga agar tidak terjadi lagi luapan air (tanggul jebol) maka diperlukan peninggian tanggul setinggi $\pm 1 \text{ m}$, supaya bisa dapat menahan debit air sebesar $Q = 13.882,51 \text{ m}^3/\text{dt}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, A.F., Sudarsono, H., 2018. Analisis Penanggulangan Banjir Sungai Kanci. Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur 7. <https://doi.org/10.33603/jki.v7i3.3893>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Demak, 2020. Kabupaten Demak Dalam Angka 2020. BPS Kab. Demak.
- Br, S.H., 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fatharani, A., Sujatmoko, B., Rinaldi, 2018. Analisis Tinggi Tanggul Sebagai Bangunan Pengendali Banjir Menggunakan Metode HEC-RAS. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains.
- Harmani, E., Soemantoro, M., 2015. Kolam Retensi Sebagai Alternatif Pengendali Banjir. Jurnal Teknik Sipil Unitomo 1.
- Hermawan, C., 2019. Studi Perencanaan Tanggul Untuk Pengendali Banjir Sungai Petapahan Kabupaten Kuantan Singingi. Jurnal Planologi dan Sipil (JPS) 1, 26–50.
- Kabupaten Karanganyar, 2024. Profil Kabupaten Karanganyar [WWW Document]. karanganyarkab.go.id. URL <https://www.karanganyarkab.go.id/profil-kabupaten-karanganyar/> (accessed 11.21.24).
- Kanza, R., Ahmada, A., Darsono, S., Atmodjo, P.S., 2017. Pengendalian Banjir Sungai Wulan, Demak, Jawa Tengah. Jurnal Karya Teknik Sipil 6, 300–308.
- Kompas, 2024. Update Banjir Demak, 19 Desa di Kecamatan Karanganyar dan Gajah Masih Tergenang, Pengungsi Capai 22.860 Orang Halaman all [WWW Document]. KOMPAS.com. URL <https://regional.kompas.com/read/2024/02/13/211201378/update-banjir-demak-19-desa-di-kecamatan-karanganyar-dan-gajah-masih> (accessed 1.21.25).
- Nurchayani, I., 2019. Analisis Backwater pada Bendung Gerak Kanal Banjir Barat di Kota Semarang (masters). Universitas Islam Sultan Agung. <https://doi.org/10/BAB%20V.pdf>
- Triatmodjo, B., 2015. Hidraulika II. Beta Offset, Yogyakarta.