

ANALISIS RENCANA TINGGI TANGGUL BANJIR DAS BANGKATAN SEBAGAI ALTERNATIF PENGENDALIAN BANJIR KOTA BINJAI

FLOOD EMBANKMENT HEIGHT DESIGN ANALYSIS OF BANGKATAN WATERSHED AS FLOOD CONTROL ALTERNATIVE IN BINJAI CITY

Asril Zevri ¹⁾ Dwi Purwantoro²⁾

¹⁾BWS Sumatera II Dirjen SDA Kemenpupr

Jl. Jend Besar Dr. A. Nasution No. 30 Pkl. Mashur, Medan, Indonesia

²⁾BBWS Serayu Opak Dirjen SDA Kemenpupr, Jl. Solo Km. 6, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponden email: asrilzevri19@gmail.com

Diterima: 27 Mei 2019; Direvisi: 26 Juni 2020; Disetujui: 28 September 2020

ABSTRACT

The research aim was to analyze the height of flood embankment in the Bangkatan Watershed as an alternative solution of flood control in Binjai City. The study was conducted in the Bangkatan Watershed which covers almost the area of Binjai City and then analyzed the flood water level using a qualitative approach based on HECRAS simulations between flood discharge as well as long and cross section. The methodology was analyzed the average of maximum daily rainfall data for the Bangkatan watershed, return period of 2 until 100 years, flood discharge for return period of 2 until 100 years, flood water level with HECRAS software, and height design of flood embankment. The results showed that flood water level in the upstream was 2.26 m, while for both middle section and downstream were 2.43 m and 1.40 m with a height design of flood embankment for upstream, middle, and downstream sections were 2.56 m, 2.73 m, and 1.70 m respectively.

Keywords: Flood, embankment, HECRAS, watershed, Binjai City

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk menganalisis tinggi tanggul banjir Daerah Aliran Sungai Bangkatan sebagai salah satu alternatif solusi dalam pengendalian banjir Kota Binjai. Kajian dilakukan di Daerah Aliran Sungai Bangkatan yang luasannya hampir mencakup wilayah Kota Binjai kemudian melakukan perhitungan tinggi muka air banjir dengan pendekatan secara kualitatif berdasarkan simulasi HECRAS antara debit banjir kala ulang dengan penampang memanjang dan melintang sungai. Metodologi kegiatan dalam penelitian ini yaitu menganalisis curah hujan harian maksimum rata-rata kawasan Daerah Aliran Sungai Bangkatan, curah hujan periode ulang 2 hingga 100 tahun, debit banjir periode ulang 2 hingga 100 tahun, tinggi muka air banjir dengan software HECRAS, dan rencana tinggi tanggul banjir. Hasil penelitian menunjukkan tinggi muka air banjir di bagian penampang hulu sungai sebesar 2,26 m, penampang tengah sebesar 2,43 m, dan penampang hilir sebesar 1,40 m dengan rencana tinggi tanggul banjir di bagian hulu, tengah, dan hilir masing-masing sebesar 2,56 m, 2,73 m, dan 1,70 m.

Kata Kunci: Banjir, tanggul, HECRAS, daerah aliran sungai, kota Binjai

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai Bangkatan merupakan salah satu Sub DAS Sungai Binge yang mencakup dan melintasi pusat Kota Binjai, Sumatera Utara. Bagian hulu DAS Sungai Bangkatan berada di Kecamatan Sei Binge Kabupaten Langkat dan bermuara di Sungai Binge Kecamatan Binjai Timur. Luas *catchment area* DAS Sungai Bangkatan mencapai 12.34 Km² dengan total panjang sungai 12.99 Km.

Pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah Kota Binjai mengalami peningkatan yang signifikan dengan tingkat pertumbuhan penduduk mencapai rata-rata 1.21% per tahun. Dampak pertumbuhan penduduk mengakibatkan kondisi tata guna lahan berubah menjadi daerah pemukiman dengan tingkat persentase perubahan mencapai 1% (BPS Kota Binjai, 2018).

Musim hujan dengan intensitas yang tinggi mengakibatkan limpasan aliran permukaan mengalir dengan cepat menuju ke badan sungai. Dampak aliran permukaan tanah yang cepat mengakibatkan erosi yang sangat tinggi sehingga dasar penampang sungai mengalami sedimentasi. Perubahan penampang sungai akibat sedimentasi menyebabkan debit kapasitas penampang sungai tidak mampu menampung debit maksimum dan mengakibatkan daerah genangan banjir.

Potensi banjir di Kota Binjai kerap terjadi pada saat musim hujan dengan kenaikan tinggi muka air banjir mencapai 0,5 m hingga 1,5 m di atas permukaan tanah. Tinggi muka air banjir menimbulkan daerah genangan banjir yang menggenangi 3 daerah kecamatan dan memberikan dampak kerugian kepada masyarakat sekitar dengan total mencapai 546 KK (BPBD Kota Binjai, 2017).

Upaya atau solusi yang telah dilakukan pada saat ini kurang efektif dengan melakukan normalisasi sungai tanpa adanya pembangunan bangunan pengendalian banjir yang efektif dan efisien. Salah satu rencana pengendalian banjir Kota Binjai untuk mengantisipasi luapan Sungai Bangkatan yaitu dengan pembangunan tanggul banjir. Konstruksi tanggul banjir sangat memungkinkan untuk dilaksanakan karena kondisi penampang sungai yang sangat sempit dan berada di daerah pemukiman penduduk yang padat.

Penelitian bertujuan untuk menganalisis tinggi tanggul banjir Daerah Aliran Sungai Bangkatan sebagai salah satu alternatif solusi dalam pengendalian banjir Kota Binjai.

Banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap

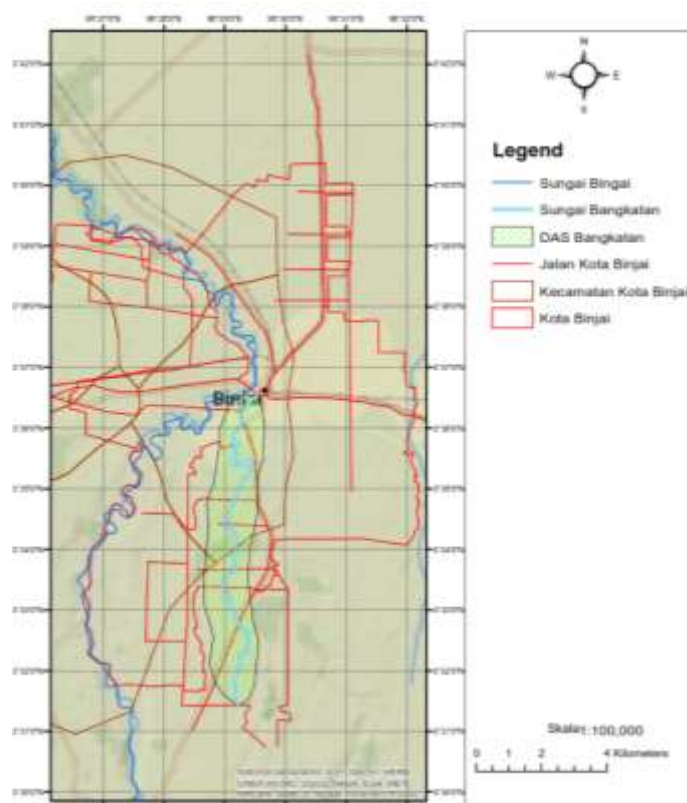
menggenangi daerah dataran banjir di sekitarnya (Hasibuan, 2004). Potensi banjir dapat terjadi jika debit kapasitas penampang sungai tidak dapat menahan debit banjir dengan periode ulangnya (Zevri, 2017). Alternatif kegiatan pengendalian banjir dilakukan dengan beberapa metode baik itu metode secara struktural maupun non struktural. Metode secara struktural dilakukan dengan pembangunan bangunan pengendali banjir dan perbaikan pengaturan sistem jaringan sungai seperti bendungan, kolam retensi, ground sill, tanggul, sudetan, *floodway*, dan lain-lain. Secara prinsip semua kegiatan tersebut memiliki beberapa 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, dan pelurusan atau pemendekan alur sungai pada sungai berbelok atau bermeander (BPSDM PUPR, 2017).

METODOLOGI

Lokasi penelitian berada di DAS Sungai Bangkatan dengan luas *catchment area* 12.34 Km² dengan total panjang sungai 12.99 Km. Secara administrasi DAS Sungai Bangkatan berada di antara Kabupaten Langkat dan Kota Binjai. Secara umum Daerah Aliran Sungai Bangkatan berbentuk bulu burung dengan debit aliran relatif kecil dengan waktu banjir relatif lama. Gambar Daerah Aliran Sungai Bangkatan ditampilkan pada Gambar 1. Penelitian dilakukan secara kuantitatif, dan kualitatif di mana data-data penelitian diperoleh secara kuantitatif menggunakan persamaan-persamaan yang relevan dan hasilnya dijelaskan secara kualitatif. Kesimpulan diambil secara induktif yang artinya poin-poin pengamatan lapangan dan analisis data akan menghasilkan potensi tinggi muka air banjir yang menjadi dasar dalam perencanaan bangunan pengendali banjir. Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder di mana data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lapangan seperti data karakteristik profil sungai baik itu *cross* dan *long section*. Karakteristik profil sungai merupakan bagian dari morfologi sungai dan diperoleh dengan metode pengukuran yang dilakukan dari hulu sampai dengan hilir sungai. Data sekunder adalah data yang terkait dengan hasil laporan penelitian sebelumnya berisi tentang kejadian banjir di Kota Binjai dengan data pendukung yang diperoleh dari instansi terkait seperti data curah hujan, tata guna lahan, dan jumlah penduduk. Tahapan analisis yang

terkait dengan penelitian yaitu analisis hidrologi dan hidraulika di mana analisis hidrologi merupakan suatu proses cara perhitungan yang terkait dengan perhitungan curah hujan harian maksimum rata-rata kawasan, curah hujan periode ulang 2 sampai 100 tahun, dan debit banjir periode ulang 2 sampai 100 tahun. Metode yang digunakan dalam curah hujan harian maksimum rata-rata kawasan adalah Metode *Polygon Thiessen* berdasarkan luas pengaruh tiap stasiun curah hujan di dalam cakupan DAS Bangkatan. Perhitungan periode ulang curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode distribusi statistik probabilistik yaitu metode Distribusi Normal, Log Person III, dan Gumbel. Ketiga metode tersebut diperhitungkan berdasarkan hasil curah hujan harian rata-rata dengan koefisien statistik probabilistik. Periode ulang banjir dilakukan dengan menggunakan metode HSS Nakayasu berdasarkan data panjang sungai, slope, koefisien limpasan, dan luas daerah aliran sungai. Hasil analisis hidrologi menjadi dasar dalam analisis hidraulika untuk mengetahui potensi tinggi muka air banjir di DAS Bangkatan. Tinggi muka air banjir dapat dianalisis dengan 2 metode yaitu metode manual dan program. Metode secara manual artinya menggunakan formula atau rumus dalam perhitungan debit di saluran terbuka sementara metode dengan program dilakukan dengan menggunakan *software* seperti *HECRAS* yang telah dikembangkan untuk memudahkan dalam

penentuan tinggi muka air banjir di saluran terbuka dengan jenis aliran *unsteady flow* maupun *steady flow* (Satya, 2014). Karakteristik penampang melintang dan memanjang sungai juga berpengaruh dalam analisis hidraulika seperti koefisien kekasaran saluran, slope, dan geometri sungai. Koefisien kekasaran saluran berhubungan dengan jenis material saluran atau sungai seperti tanah dan beton. Jenis material tersebut diperoleh berdasarkan nilai Koefisien Manning atau Strickler dan berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang memberikan pengaruh terhadap debit aliran. Slope atau kemiringan dasar saluran merupakan hasil selisih antara elevasi dasar saluran dari hulu, tengah, dan hilir dengan panjang saluran. Geometri sungai merupakan parameter terkait dengan bentuk penampang saluran terbuka baik itu bentuk trapesium, persegi, atau gabungan antara trapesium dan persegi yang sering ditemukan di penampang melintang sungai dengan adanya pengaruh alam. Simulasi tinggi muka air banjir dilakukan dengan menggunakan *software* *HECRAS* atau disebut dengan *River Analysis System (RAS)* dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satuan kerja di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. *HEC-RAS* dapat menyajikan pemodelan satu dimensi aliran tunak maupun tak-tunak (*steady and unsteady onedimensional flow model*).

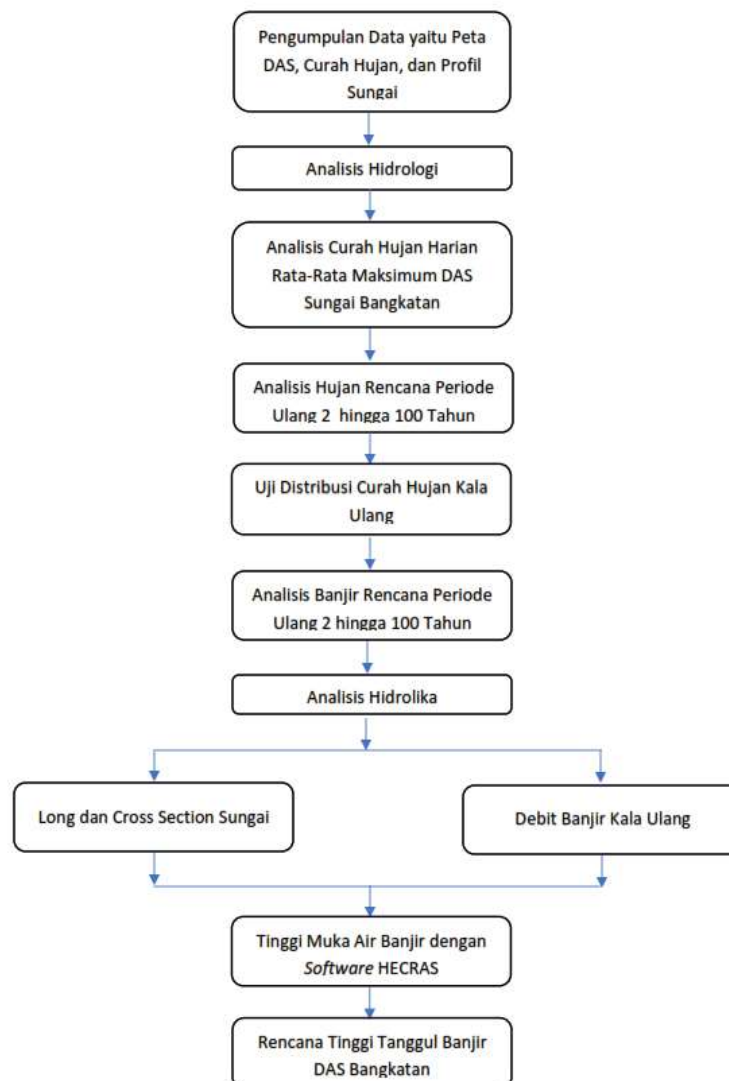


Gambar 1 Peta DAS Sungai Bangkatan

HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi: (1) hitungan profil muka air aliran tunak, (2) simulasi aliran tak-tunak, (3) hitungan angkutan sedimen, dan (4) hitungan kualitas air. Komponen tersebut dapat memakai data geometri yang sama, *routine* hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air dilakukan. Input *HEC-RAS* untuk pemodelan keempat komponen tersebut merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan. Program ini mampu memodelkan jaringan sungai, sungai dendritik, maupun sungai tunggal. *Regime* aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub-kritik, super- kritik, maupun campuran antara keduanya. Modul aliran permanen *HEC-RAS* mampu

memperhitungkan pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan (*bridges*), gorong-gorong (*culverts*), bendung (*weirs*), ataupun hambatan di bantaran sungai.

Modul aliran permanen dirancang untuk dipakai pada permasalahan pengelolaan bantaran sungai dan penetapan asuransi risiko banjir berkenaan dengan penetapan bantaran sungai dan dataran banjir. Program ini dapat mensimulasikan aliran tak-permanen satu dimensi pada sungai yang memiliki alur kompleks. Fitur spesial modul aliran tak-permanen mencakup analisis dam-break, limpasan melalui tanggul dan tanggul jebol, pompa, operasi dam navigasi, serta aliran tekan dalam pipa. Kombinasi data tersebut disusun sehingga menghasilkan metodologi penelitian yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Metodologi Kegiatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya curah hujan harian maksimum rata-rata, curah hujan harian maksimum periode ulang 2 hingga 100 tahun, uji distribusi curah hujan periode ulang 2 hingga 100 tahun, dan debit banjir periode ulang 2 hingga 100 tahun. Curah hujan harian maksimum rata-rata dianalisis dengan menggunakan metode *polygon thiessen*. Analisis curah hujan periode ulang digunakan dengan metode distribusi statistik probabilistik yaitu metode normal, log normal, log person III, dan gumbel. Uji distribusi curah hujan periode ulang dilakukan dengan menggunakan metode parameter statistik terhadap koefisien parameter yaitu koefisien variasi (Cv), koefisien skewness (Cs), dan koefisien kurtosis (Ck). Banjir rencana periode ulang dianalisis dengan menggunakan metode HSS Nakayasu dikarenakan metode ini cocok digunakan di daerah iklim tropis dengan hasil debit banjir yang hampir mendekati dengan kondisi di lapangan. Secara umum analisis debit banjir HSS Nakayasu dianalisis berdasarkan intensitas curah hujan jam-jaman dengan curah hujan periode ulang yang menghasilkan lag time yaitu waktu tercapainya debit puncak (T_L) dan waktu puncak banjir (T_p) sehingga menghasilkan debit banjir kala ulang jam-jaman.

Analisis Curah Hujan Harian Maksimum Rata-Rata DAS Sungai Bangkatan

Analisis curah hujan harian maksimum rata-rata DAS Sungai Bangkatan dilakukan dengan menggunakan metode *polygon thiessen*. Titik stasiun curah hujan yang berada di bagian hulu, tengah, dan hilir daerah aliran sungai menjadi dasar dalam pembentukan *polygon* tertutup dengan menyatukan ketiga titik stasiun sehingga terbentuk garis penghubung yang menghasilkan *polygon* tertutup. Titik tengah garis penghubung antara 3 garis *polygon* tertutup dihubungkan sehingga terbentuk luasan pengaruh stasiun masing-masing curah hujan (Nugroho, 2017). Hasil analisis *polygon thiessen* ditampilkan pada Gambar 3. Analisis *polygon thiessen* memberikan hasil luasan pengaruh dari 3 stasiun curah hujan yaitu Stasiun Curah Hujan Sei Binge, Binjai Kota, dan Binjai Barat terhadap DAS Sungai Bangkatan. *Polygon* yang terbentuk berdasarkan titik stasiun penakar curah hujan Sei Binge mempengaruhi di wilayah bagian hulu, Binjai Kota di bagian tengah, dan Binjai Kota di bagian hilir yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Analisis *Polygon Thiessen* Stasiun Curah Hujan Terhadap DAS Sungai Bangkatan

Stasiun	Luas (km ²)	Faktor Thiessen
Binjai Kota	1,637	0,13
Binjai Selatan	4,956	0,40
Sei Binge	5,747	0,47
Total	12,34	1

Dari tabel di atas diperoleh luasan pengaruh tiap stasiun penakar curah hujan yang paling mempengaruhi yaitu Stasiun Sei Binge mencapai 5,747 km², Binjai Selatan 4,956 km², dan Binjai Kota 1,637 km². Data Curah hujan harian maksimum tiap stasiun diperoleh berdasarkan data yang diambil dari BMKG wilayah I Kota Medan selama 10 tahun. Curah hujan harian maksimum tiap stasiun penakar curah hujan dikalikan dengan masing-masing luas pengaruh stasiun curah hujan dan dibagi dengan luas total daerah aliran sungai. Rumus *polygon thiessen* ditampilkan sebagai berikut.

$$\bar{R} = R_1 \times F_{t1} + R_2 \times F_{t2} + R_3 \times F_{t3} \dots R_n \times F_{tn} \dots (1)$$

dengan:

$\bar{R}$ = Curah hujan rata-rata harian maksimum (mm)

R_1 = Curah hujan harian maksimum stasiun 1 (mm)

F_{t1} = Faktor thiessen stasiun 1

R_2 = Curah hujan harian maksimum stasiun 2 (mm)

F_{t2} = Faktor thiessen stasiun 2

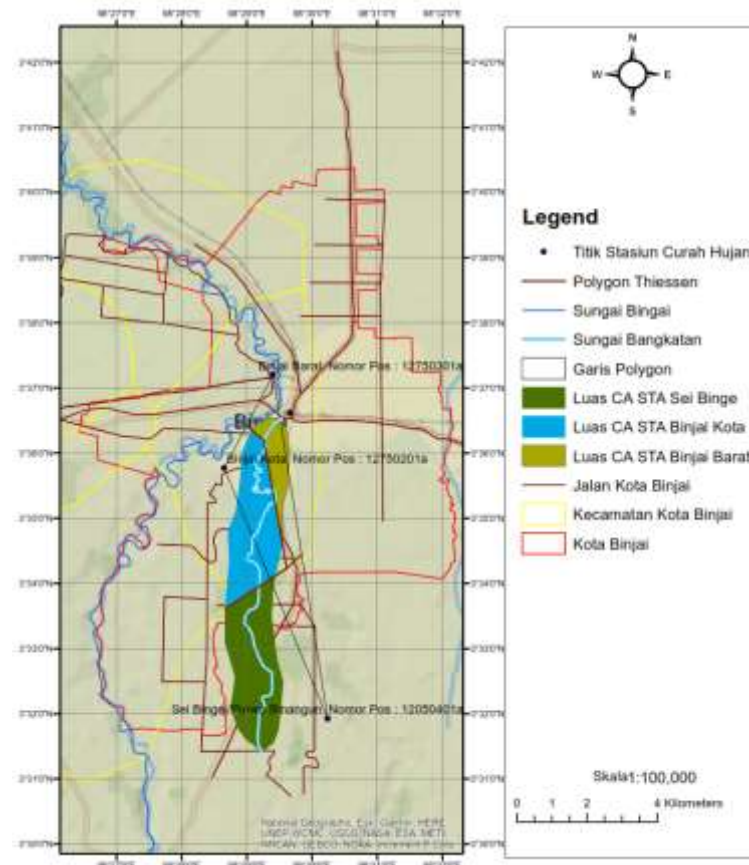
R_3 = Curah hujan harian maksimum stasiun 3 (mm)

F_{t3} = Faktor thiessen stasiun 3

Berdasarkan metode di atas hasil analisis curah hujan harian maksimum rata-rata Daerah Aliran Sungai Bangkatan ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Analisis Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum DAS Sungai Bangkatan

No	Binjai Kota (mm)	Binjai Selatan (mm)	Sei Binge (mm)	Rata -Rata (mm)
1	129	174	128	146,94
2	121	161	126	137,73
3	120	137	96	123,64
4	115	126	85	115,44
5	115	125	79	114,24
6	106	117	75	106,31
7	91	111	70	96,25
8	90	96	67	89,36
9	84	92	60	84,03
10	72	90	50	76,31



Gambar 3 Polygon Thiessen DAS Sungai Bangkatan

Hasil analisis Curah hujan harian maksimum rata-rata DAS Sungai Bangkatan menunjukkan besar curah hujan harian maksimum rata-rata tahunan berada diantara 146,94 mm s.d 76,31 mm dalam kurun waktu 10 tahun. Kategori hasil Curah hujan harian maksimum rata-rata di sekitar Daerah Aliran Sungai Bangkatan termasuk dalam klasifikasi curah hujan menengah. Curah hujan harian maksimum rata-rata digunakan untuk menganalisis curah hujan harian periode ulang 2 sampai 100 tahun dengan tujuan untuk memprediksi besarnya potensi curah hujan pada masa yang akan datang.

Analisis Curah Hujan Kala Ulang DAS Sungai Bangkatan

Metode yang digunakan untuk analisis curah hujan rencana dengan periode ulang 2 sampai 100 tahun yaitu metode statistik probabilitas berdasarkan beberapa parameter yaitu koefisien variasi (Cv), koefisien kurtosis (Ck), dan koefisien skewness (Cs). Koefisien variasi bertujuan untuk mengetahui kualitas data yang digunakan dalam analisis hujan rencana. Koefisien skewness (Cs) dan Koefisien Kurtosis (Ck) bertujuan menguji data tidak berkelompok tetapi tersebar merata di sekitar daerah aliran sungai. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan ketiga koefisien yaitu rata-rata curah

hujan harian maksimum, standar deviasi, dan nilai median. Ketiga rumus ditampilkan sebagai berikut.

a. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sx}{X} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

Cv = Koefisien variasi

Sx = Standar deviasi

X = Rata-Rata

b. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{x \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)S^4} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

Ck = Koefisien kurtosis

X_i = Nilai tengah

X = Rata-Rata

n = Jumlah data

c. Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{N}{(n-1)(n-2)Sx^3} \sum (Xi - \bar{X})^3 \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

C_s = Koefisien skewness

X_i = Nilai tengah

$\bar{X}$ = Rata-Rata

S_x = Standar deviasi

n = Jumlah data

Metode yang digunakan dalam analisis curah hujan rencana yaitu distribusi Normal, Log Normal, Log Person III, dan Gumbel. Hasil analisis hujan rencana periode ulang 2 sampai 100 tahun ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Analisis Hujan Rencana di DAS Sungai Bangkatan

Metode	Periode Ulang (mm)					
	2	5	10	25	50	100
Normal	109,02	128,41	138,57	148,45	156,35	162,81
Log Normal	106,82	127,84	140,46	153,92	165,60	175,82
Log Person III	107,01	127,95	140,34	153,86	164,70	171,79
Gumbel	105,87	133,71	152,14	175,43	192,71	209,86

Hasil analisis curah hujan periode ulang 2 sampai 100 tahun dengan 4 metode memiliki nilai berbeda dengan besar curah hujan berada diantara 100 mm hingga 210 mm. Kondisi menunjukkan bahwasanya potensi curah hujan harian di Daerah Aliran Sungai Bangkatan yang mencakup Kota Binjai termasuk dalam kategori menengah. Potensi banjir dengan kondisi curah hujan menengah dapat terjadi dengan perubahan tata guna lahan dan kondisi pendangkalan akibat sedimentasi di dasar penampang sungai. Pemilihan metode yang digunakan dalam analisis banjir rencana diuji berdasarkan parameter yaitu koefisien variasi (C_k), koefisien skewness (C_s), dan koefisien kurtosis (C_k). Parameter tersebut diuji dengan syarat yang telah ditentukan. Syarat uji distribusi hujan rencana ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Syarat Uji Distribusi Hujan Rencana

Jenis Sebaran	Syarat		
	C_s	C_k	C_v
Normal	=0	-	=3
Log Normal	=3 C_v	-	=0,6
Log Person III	≠0	-	≠0
Gumbel	< 1,1396	< 5,4002	-

Nilai standar atau syarat uji distribusi curah hujan kala ulang dibandingkan dengan hasil

perhitungan parameter koefisien berdasarkan data curah hujan harian maksimum. Hasil uji distribusi curah hujan kala ulang dengan empat metode ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Distribusi Hujan Rencana di DAS Bangkatan

Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan			Kesimpulan	
	C_s	C_k	C_v	C_s	C_k
Normal	0,24	2,20	0,21	Tidak ok	Tidak ok
Log Normal	0,64	2,20	0,21	Tidak ok	Tidak ok
Log Person III	0,24	2,20	0,21	Ok	Ok
Gumbel	0,24	2,20	0,21	Ok	Ok

Berdasarkan tabel di atas diperoleh nilai yang memenuhi syarat berdasarkan hasil perhitungan yaitu metode Log Person III dan Gumbel. Metode Log Person III memberikan nilai koefisien skewness 0,24, koefisien kurtosis 2,2, dan koefisien variasi 0,21 sementara Gumbel memberikan nilai koefisien skewness 0,24, koefisien kurtosis 2,2, dan koefisien variasi 0,21. Syarat uji distribusi Gumbel untuk koefisien skewness < 1,1396 dan koefisien kurtosis < 5,4002 sementara untuk uji distribusi Log Person III koefisien skewness ≠ 0 dan koefisien variasi ≠ 0 sehingga nilai koefisien dari kedua metode memenuhi syarat dalam perhitungan debit banjir rencana. Distribusi yang diambil adalah metode Log Person III karena menghasilkan data yang mendekati nilai yang sebenarnya (menggunakan data sepanjang 10 tahun).

Analisis Banjir Rencana DAS Sungai Bangkatan

Analisis banjir rencana kala ulang digunakan dengan metode HSS Nakayasu. Metode HSS Nakayasu dianalisis berdasarkan data luas *catchment area*, tata guna lahan, koefisien pengaliran, dan panjang sungai. Unsur perhitungan debit banjir dengan HSS Nakayasu diperhitungkan berdasarkan waktu puncak banjir (T_p), waktu konsentrasi (T_g), dan waktu surut ($T_{0.3}$). Rumus debit banjir rencana HSS Nakayasu (Kurniawan, 2012) ditampilkan sebagai berikut.

a. Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = 1/3,6 \times A \times R_o \times (1/0,3 \times t_p + t_{0.3}) \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

$$Q_p = \text{Debit puncak (m}^3/\text{det)}$$

$$A = \text{Luas Daerah Aliran Sungai (km}^2\text{)}$$

$$T_p = \text{Waktu Puncak (jam)}$$

$T_{0.3}$ = Waktu saat debit sama dengan 0.3 kali debit puncak (jam)

R_0 = Curah hujan (mm)

b. Waktu Kelambatan (time lag)

$$T_g = 0,4 + 0,058 \times L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \dots\dots\dots(6)$$

$$T_g = 0,21 \times L^{0.7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

T_g = Waktu kelambatan (jam)

L = Panjang sungai utama (km)

c. Waktu puncak (peak time)

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \dots\dots\dots(8)$$

dimana:

T_p = Waktu puncak (jam)

T_g = Waktu kelambatan (jam)

T_r = Durasi hujan = 0,5 t_g s/d 1 t_g (jam)

d. Waktu saat debit sama dengan 0.3 kali debit puncak

$$t_{0.3} = \alpha \times t_g \dots\dots\dots(9)$$

dimana:

α = Koefisien limpasan

Koefisien limpasan di sekitar Daerah Aliran

Sungai bangkatan yaitu 0.3.

t_g = Waktu kelambatan (jam)

Hasil parameter unit debit banjir HSS Nakayasu Daerah Aliran Sungai Bangkatan ditampilkan pada Tabel 6.

Dari tabel 6 menunjukan bahwasanya waktu puncak (T_p) 1,80 jam, waktu kelambatan (T_g) 1,15, dan waktu saat debit 0,3 waktu puncak ($T_{0.3}$) 2,31 jam. Debit puncak dengan curah hujan 1 mm Q_p 0,36 m³/det. Intensitas curah hujan yang dilakukan tergantung berdasarkan perkiraan lama waktu curah hujan yang terjadi dalam kurun waktu 24 jam atau 1 hari. Distribusi hujan jam-jaman direncanakan dengan prediksi lama waktu hujan dengan intensitas yang berubah setiap jam. Hasil distribusi curah hujan jam-jaman ditampilkan pada Tabel 7.

Analisis distribusi curah hujan jam-jaman dihitung berdasarkan besarnya intensitas curah hujan yang terjadi dengan lama waktu hujan dalam satu hari yaitu 6 jam. Perubahan persentase distribusi jam-jaman menjelaskan intensitas curah hujan dalam kurun waktu 6 jam dalam selang waktu satu jam memiliki intensitas tinggi, sedang, dan rendah. Hasil intensitas curah hujan periode ulang jam-jaman DAS Bangkatan ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 6 Parameter Unit HSS Nakayasu DAS Bangkatan

No	Parameter Unit Hidrograf			
1	Panjang sungai/saluran (L)	=	12,99	km
2	Luas DAS	=	12,34	km ²
3	Koef. Pengaliran DAS	=	0,3	
4	Time tag (T_g)	=	1,15	jam
5	Syarat: L > 15 km; T_g = 0,21L ^{0.7} L < 15 km; T_g = 0,4 + 0,058L Satuan waktu hujan (tr)	=		
	T_r	=	0,80	jam
	Syarat: T_r = 0,5 t_g s.d 1,0 t_g	=		
6	Peak time (T_p)	=	1,80	jam
7	Parameter hidrograf	=		
	Parameter alfa (a)	=	2	
	$T_{0.3}$	=	2,31	jam
	0,5 $T_{0.3}$	=	1,15	jam
	1,5 $T_{0.3}$	=	3,46	jam
	2,0 $T_{0.3}$	=	4,61	jam
8	Curah hujan spesifik (R_0)	=	1	mm
9	Debit puncak	=	0,361	m ³ /dt/mm
10	Base flow	=	0,180	m ³ /dt/mm

Tabel 7 Distribusi Curah Hujan jam-jaman DAS Bangkatan

Periode ulang Tahun	Curah hujan mm	Distribusi Jam ke- (%)					
		1	2	3	4	5	6
2	107,01	55%	15%	11%	7%	7%	5%
5	127,95	55%	15%	11%	7%	7%	5%
10	140,34	55%	15%	11%	7%	7%	5%
25	153,86	55%	15%	11%	7%	7%	5%
50	164,70	55%	15%	11%	7%	7%	5%
100	171,79	55%	15%	11%	7%	7%	5%

Tabel 8 Intensitas Curah Hujan jam-jaman DAS Bangkatan

Periode ulang Tahun	Intensitas Curah Hujan Jam ke- (mm)					
	1	2	3	4	5	6
2	58,86	16.05	11.77	7.49	7.49	5.35
5	70,37	19.19	14.07	8.96	8.96	6.40
10	77,19	21.05	15.44	9.82	9.82	7.02
25	84,62	23.08	16.92	10.77	10.77	7.69
50	90,58	24.70	18.12	11.53	11.53	8.23
100	94,48	25.77	18.90	12.03	12.03	8.59

Intensitas curah hujan jam-jaman digunakan untuk menghitung debit banjir rencana jam-jaman. Kombinasi antara unit hidrograf dengan intensitas menghasilkan besar debit banjir rencana jam-jaman dengan periode ulang 2 hingga 100 tahun ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Debit Banjir Rencana DAS Bangkatan

Waktu (jam)	Debit Banjir Kala Ulang (m ³ /dt)					
	2	5	10	25	50	100
0,00	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
1,00	9,62	11,47	12,56	13,75	14,71	15,33
1,80	38,87	46,44	50,92	55,81	59,73	62,29
2,00	34,98	41,79	45,82	50,22	53,74	56,05
3,00	20,80	24,84	27,22	29,83	31,91	33,28
4,00	12,40	14,79	16,20	17,75	18,98	19,79
4,10	11,77	14,04	15,38	16,85	18,02	18,79
5,00	8,69	10,35	11,34	12,41	13,27	13,84
6,00	6,19	7,36	8,06	8,82	9,43	9,82
7,00	4,42	5,25	5,74	6,28	6,71	6,99
7,56	3,67	4,35	4,76	5,20	5,55	5,78

Hasil analisis debit banjir rencana jam-jaman dengan metode HSS Nakayasu untuk periode ulang 2 hingga 100 tahun dengan waktu puncak banjir (Tp) 1,80 jam hingga 38,87 m³/det s.d 62,29 m³/det. Periode ulang yang digunakan dalam analisis tinggi muka air banjir yaitu periode ulang 25 tahun karena berdasarkan analisis hujan rencana dengan metode Log Person III yaitu 153,86 mm dengan data curah hujan harian maksimum rata-rata sebesar 146,94 mm menunjukkan nilai curah hujan yang hampir mendekati sehingga nilai debit banjir periode ulang 25 tahun yaitu 55,81 m³/det menjadi dasar dalam analisis tinggi muka air banjir DAS Bangkatan.

Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika dalam penelitian ini akan menjelaskan potensi tinggi muka air banjir di penampang Sungai Bangkatan yang mengalir dari hulu sampai hilir.

Analisis Tinggi Muka Air Banjir DAS Bangkatan Dengan Software HECRAS

Tinggi muka air banjir DAS Bangkatan diperoleh berdasarkan selisih antara debit banjir periode ulang dan debit kapasitas penampang sungai dimulai dari bagian hulu sampai hilir. Penentuan tinggi muka air banjir dapat dianalisis dengan menggunakan *software HECRAS* yang merupakan program aplikasi untuk pemodelan aliran saluran terbuka seperti drainase, sungai, dan penampang saluran terbuka lainnya (Mulia dan Zevri, 2017).

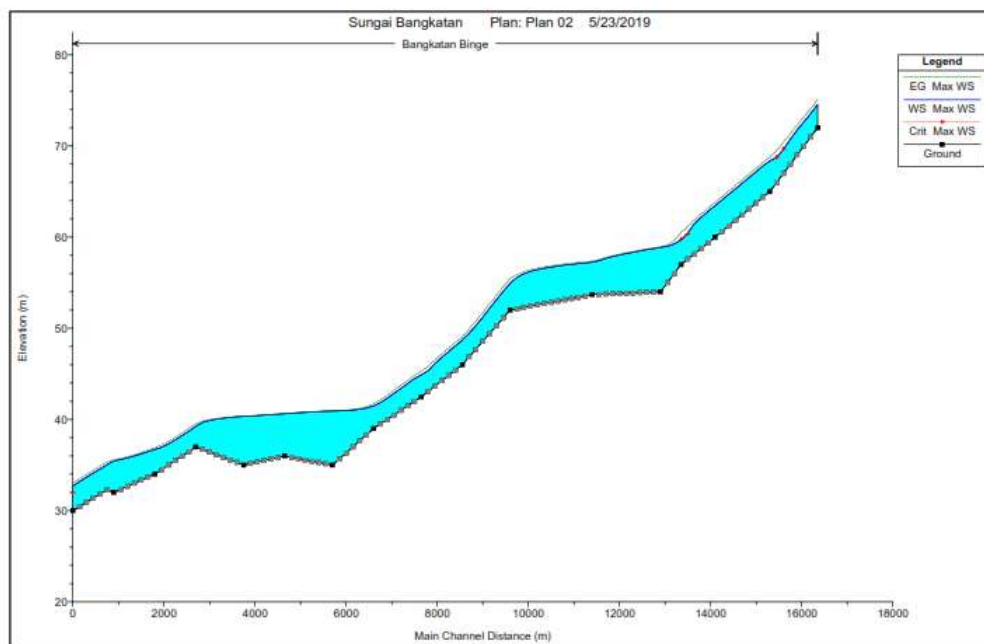
Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bangkatan

Hasil analisis tinggi muka air banjir dengan *Software HEC-RAS* dapat ditampilkan dengan profil memanjang (*Long Section*) dan melintang (*Cross Section*) (Indrawan, 2018). Profil memanjang sungai diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dengan titik koordinat yang telah ditetapkan. Elevasi dasar Sungai Bangkatan berada diketinggian 50-60 m di bagian hulu, di bagian tengah 40-50 m, dan di bagian hilir 30-40 m berada di atas permukaan laut. Tinggi muka air banjir dianalisis berdasarkan debit banjir jam-jaman dengan periode ulang 25 tahun dengan kombinasi penampang memanjang sungai dari hulu sampai hilir sungai yang ditampilkan pada Gambar 4.

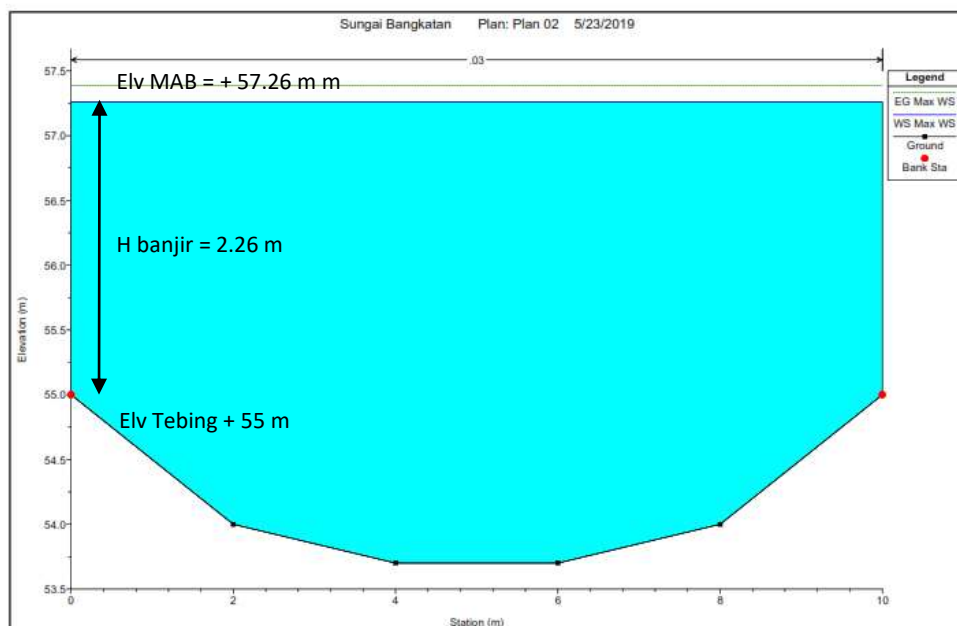
Tinggi muka air banjir bervariasi dimulai dari hulu sampai hilir dengan ketinggian muka air banjir maksimum mencapai tiga meter dari permukaan tanah. Kondisi tinggi muka air banjir dibagian hulu berada diantara 1-2 m, bagian tengah berada diantara 2-3 m, dan bagian hilir berada diantara 1-2 m. Perbedaan tinggi muka air banjir dipengaruhi oleh kondisi penampang melintang sungai yang memiliki bentuk yang berbeda akibat adanya sedimentasi atau pendangkalan dasar sungai. Rencana tinggi tanggul banjir tiap penampang melintang sungai dapat diperoleh dengan perwakilan penampang melintang sungai dari hulu sampai hilir yang ditampilkan sebagai berikut.

Tinggi Muka Air Banjir DAS Bangkatan Penampang Bagian Hulu

Penampang melintang Sungai Bangkatan di bagian hulu memiliki lebar dasar 2 m dan lebar atas 10 m. Material penampang sungai adalah tanah dengan koefisien kekasaran *mannig* 0,03. Tinggi muka air banjir penampang hulu ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 4 Tinggi Muka Air Banjir Penampang Memanjang Sungai Bangkatan



Gambar 5 Tinggi Muka Air Banjir Penampang Melintang Sungai Bangkatan Bagian Hulu

Simulasi HECRAS menunjukkan elevasi muka air banjir +57,26 m dengan elevasi tebing sungai + 55 m sehingga tinggi muka air banjir di penampang bagian hulu sungai mencapai 2,26 m. Tinggi muka air banjir di bagian hulu mengakibatkan daerah genangan banjir di sekitar penampang sungai.

Tinggi Muka Air Banjir DAS Bangkatan Penampang Bagian Tengah

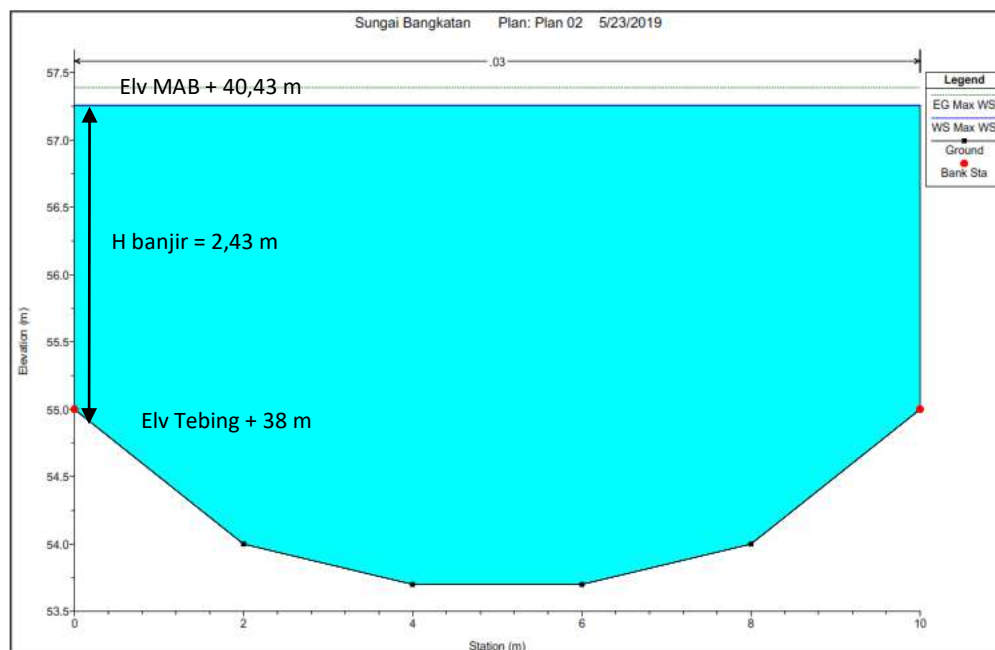
Penampang melintang Sungai Bangkatan di bagian tengah memiliki lebar dasar 4 m dan lebar atas 10 m. Jenis penampang sungai terbentuk secara alamiah dari tanah dengan koefisien kekasaran manning 0,03. Kondisi penampang di bagian tengah sangat dangkal akibat adanya perubahan tata guna lahan yang berubah menjadi pemukiman sehingga

limpasan aliran permukaan akibat curah hujan mengakibatkan erosi dan membawa tanah menuju dasar sungai. Bantaran penampang sungai juga berubah akibat adanya pembangunan bangunan yang illegal yang mengakibatkan lebar penampang sungai berubah dan mengurangi debit kapasitas penampang sungai sehingga potensi banjir dapat terjadi dan memberikan dampak kerugian bagi masyarakat di sekitar penampang sungai. Tinggi muka air banjir penampang tengah ditampilkan pada Gambar 6.

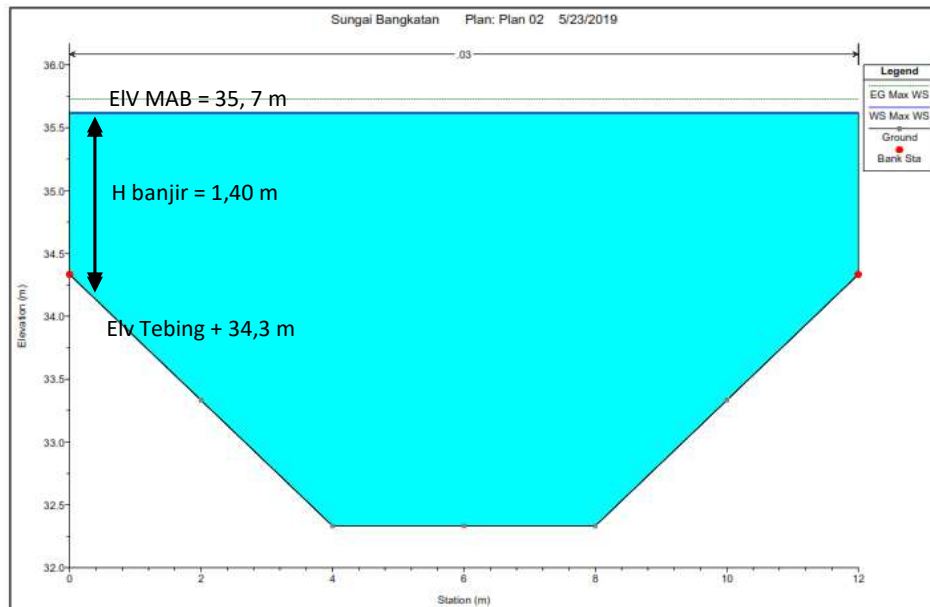
Simulasi HECRAS menunjukkan elevasi muka air banjir + 41.43 m dengan elevasi tebing sungai + 38 m sehingga tinggi muka air banjir di penampang bagian hulu sungai mencapai 3,43 m. Tinggi muka air banjir di bagian tengah mengakibatkan daerah genangan banjir di sekitar penampang sungai.

Tinggi Muka Air Banjir DAS Bangkatan Penampang Bagian Hilir

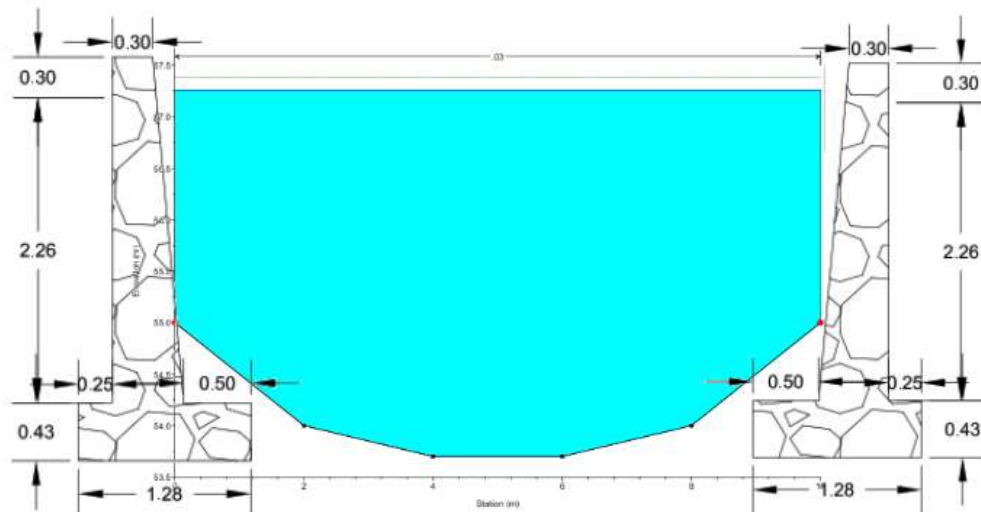
Penampang melintang Sungai Bangkatan di bagian hilir memiliki lebar dasar 4 m dan lebar atas 12 m. Jenis penampang sungai terbentuk secara alamiah dari tanah dengan koefisien kekasaran manning 0,03. Kondisi dasar penampang sungai di bagian hilir pada saat ini telah mengalami pendangkalan diakibatkan adanya volume sedimen yang mengalir dengan aliran limpasan permukaan tanah di sekitar penampang sungai. Volumen sedimen yang mengalir di atas permukaan tanah merupakan salah satu dampak akibat adanya pembangunan bangunan yang tidak mendapatkan izin dari pemerintah daerah. Dampak dari adanya pembangunan mengakibatkan potensi banjir yang kerap terjadi sehingga aliran limpasan permukaan meningkat akibat ketidakmampuan tanah dalam menyerap sebagian aliran permukaan yang berasal dari curah hujan yang tinggi. Tinggi muka air banjir penampang hulu ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 6 Tinggi Muka Air Banjir Penampang Melintang Sungai Bangkatan Bagian Tengah



Gambar 7 Tinggi Muka Air Banjir Penampang Melintang Sungai Bangkatan Bagian Hilir



Gambar 8 Rencana Tinggi Tanggul Banjir Penampang Melintang Sungai Bangkatan Bagian Hulu

Simulasi HECRAS menunjukkan elevasi muka air banjir + 35,7 m dengan elevasi tebing sungai + 34,3 m sehingga tinggi muka air banjir di panampang bagian hulu sungai mencapai 1,40 m. Tinggi muka air banjir di bagian hilir mengakibatkan daerah genangan banjir di sekitar penampang sungai.

Solusi Alternatif Pengendalian Banjir Kota Binjai

Solusi alternatif pengendalian banjir Kota Binjai direncanakan berdasarkan kondisi topografi wilayah pemukiman di sekitar DAS Bangkatan sehingga dapat direncanakan bangunan pengendalian banjir yang efektif dan efisien sesuai dengan daerah sempadan sungai. Metode alternatif pengendalian banjir yang dapat direncanakan adalah dengan pembangunan tanggul banjir

dikarenakan hampir seluruh luasan DAS Bangkatan cakupan wilayahnya berada di daerah pemukiman yang padat penduduk sehingga konstruksi rencana yang dapat dilakukan dengan kondisi di lapangan yaitu dengan konstruksi pembangunan tanggul banjir.

Rencana Tinggi Tanggul Banjir Sungai Bangkatan

Perencanaan tanggul banjir dilakukan berdasarkan hasil simulasi tinggi muka air banjir di tiap penampang sungai. Penampang sungai diwakilkan oleh kondisi tinggi muka air banjir maksimum di bagian hulu, tengah, dan hilir. Hasil rencana tinggi tanggul banjir Sungai Bangkatan ditampilkan sebagai berikut.

Rencana Tinggi Tanggul Banjir Sungai Bangkatan Penampang Hulu

Berdasarkan simulasi HECRAS tinggi muka air banjir di bagian hulu mencapai 2,26 m. Rencana tinggi tanggul banjir 2,3 m dengan tinggi jagaan 0,3 m dari tebing sungai yang ditampilkan pada gambar 8.

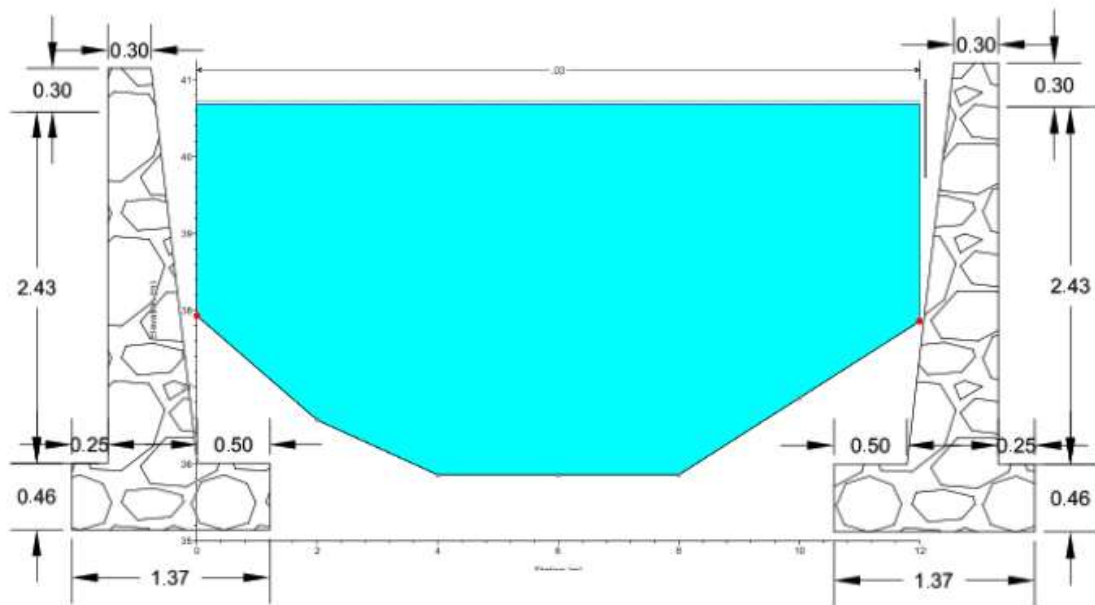
Rencana Tinggi Tanggul Banjir Sungai Bangkatan Penampang Tengah

Berdasarkan simulasi HECRAS tinggi muka air banjir di bagian tengah mencapai 3,43 m.

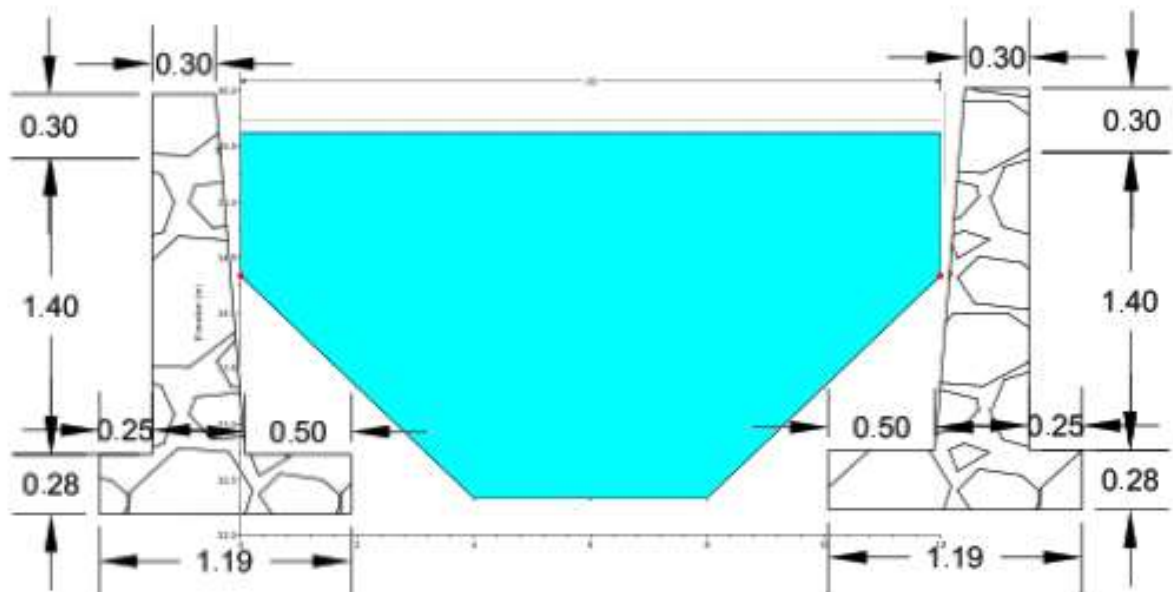
Rencana tinggi tanggul banjir 3,73 m dengan tinggi jagaan 0,3 m dari tebing sungai yang ditampilkan pada Gambar 9.

Rencana Tinggi Tanggul Banjir Sungai Bangkatan Penampang Hilir

Berdasarkan simulasi HECRAS tinggi muka air banjir di bagian hilir mencapai 1,40 m. Rencana tinggi tanggul banjir 1,70 m dengan tinggi jagaan 0,3 m dari tebing sungai yang ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 9 Rencana Tinggi Tanggul Banjir Penampang Melintang Sungai Bangkatan Bagian Tengah



Gambar 10 Rencana Tinggi Tanggul Banjir Penampang Melintang Sungai Bangkatan Bagian Hilir

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi banjir di DAS Bangkatan terjadi dengan curah hujan periode ulang 25 tahun sebesar 153,86 mm sehingga menimbulkan debit banjir sebesar 55,81 m³/det dengan waktu puncak banjir yang terjadi dalam waktu 1,80 jam. Tinggi muka air banjir yang terjadi dengan menggunakan *software* HECRAS di penampang sungai bagian hulu, tengah, dan hilir berturut-turut sebesar 2,26 m, 2,43 m, dan 1,40 m dari tebing penampang sungai. Rencana tinggi tanggul banjir bervariasi bergantung pada kondisi morfologi penampang melintang sungai dengan estimasi di bagian hulu, tengah, dan hilir masing-masing adalah 2,56 m, 2,73 m, dan 1,70 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih dan penghargaan diberikan kepada semua pihak yang telah mendukung pembuatan artikel ini. Juga kepada editor dan reviewer yang telah menelaah dan mereview Jurnal Sumber daya Air Bina Teknik SDA Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian PUPR.

DAFTAR PUSTAKA

- BPBD Kota Binjai. (2017). Laporan Dampak Kerugian Banjir Kota Binjai: BPBD Kota Binjai.
- BPS Kota Binjai. (2018). Laporan Jumlah Penduduk Per Kecamatan: BPS Kota Binjai.
- BPSDM PUPR. (2017). Modul Metode Pengendalian Banjir: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air Konstruksi.
- Hasibuan, G.M. (2004). Model koordinasi kelembagaan pengelolaan banjir perkotaan terpadu. Disertasi Perencanaan Wilayah USU, Medan.
- Indrawan, I. (2018). Pemodelan Penerapan Terowongan Air (Tunnel) dalam Mengatasi Banjir Akibat Luapan Sungai Deli. Jurnal Teknik Sipil ITB, 25(2):113-120. doi: 10.5614/jts.2018.25.2.4
- Kurniawan, A. (2012). Analisis Debit Banjir Rancangan Sungai Babura di Hilir Kawasan Kampus USU. Tugas Akhir Skripsi Bidang Studi Teknik Sumber Daya Air USU, Medan.
- Nugroho, A.S. (2017). Reduksi Banjir Menggunakan Kolam Retensi Di Sungai Bakalan Kabupaten Jepara. Jurnal Teknik Sipil, 14 (3): 195-202.
- Satya, T.M. (2014). Studi Normalisasi Sungai Sampean Sebagai Upaya Pengendalian Banjir. Tugas Akhir Skripsi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.
- U.S Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center (HEC). (2001). Hydraulic Reference Manual HEC-RAS 3.1.3. California: U.S. Army Corps of Engineers.
- Tarigan, Mulia, A. Zevri, R. Iskandar, I. Indrawan. (2017). A Study on the Estimation of Flood Damage in Medan City MATEC Web of Conferences 138. DOI: 10.1051/mateconf/201713806010.
- Zevri, A. (2017). Analisis Volume Tampungan Kolam Retensi DAS Deli Sebagai Salah Satu Upaya Pengendalian Banjir Kota Medan. Jurnal Rekayasa Sipil UNAND, 13(2): 113-122. <https://doi.org/10.25077/jrs.13.2.113-122.2017>