

## ANALISA PROFIL MUKA AIR BANJIR SUNGAI MOLOMPAR KABUPATEN MINAHASA TENGGARA

Mohammad Akbar

Isri R. Mangangka

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [zeroschneider08@gmail.com](mailto:zeroschneider08@gmail.com)

### ABSTRAK

*Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Selama banjir sedang berlangsung, kegiatan dititikberatkan pada usaha pengamanan, agar air sungai senantiasa berada di dalam alur sungai dan sejauh mungkin dihindarkan terjadinya luapan-luapan baik melalui tanggul-tanggul atau melalui sistem pengamanan / pengendalian banjir.*

*Sungai yang dikaji dalam skripsi ini adalah Sungai Molompar di Kabupaten Minahasa Tenggara. Pada tahun 2007 pernah terjadi banjir besar yang mengakibatkan 12 rumah penduduk dan sebuah sekolahan madrasah hanyut oleh air banjir tersebut. Sehubungan dengan itu, maka perlu dilakukan suatu kajian (studi) profil muka air banjir sebagai acuan untuk perencanaan penanggulangan banjir. Dalam menghitung debit banjir di sungai Molompar untuk berbagai kala ulang digunakan metode Haspers terhadap data curah hujan yang di ambil dari stasiun Noongan tahun 2005-2014. Analisa profil muka air banjir menggunakan bantuan software HEC-RAS ver.4.1.*

*Dari hasil simulasi debit banjir dengan kala ulang 2,5,10,20,25,50 dan 100 tahun diperoleh titik-titik terjadinya luapan air di sekitar hilir sungai tersebut. Titik-titik luapan tersebut adalah dari titik  $M_{13}$  hingga muara Sungai Molompar di titik  $M_0$ . Pada titik tersebut sungai tidak mampu menampung air mulai debit rencana 2 tahun, kecuali pada titik  $M_9$  yang mulai melimpas pada debit rencana 5 tahun dan titik  $M_{13}$  pada debit rencana 10 tahun. Hampir semua titik pada bagian hilir Sungai Molompar tersebut melimpas pada kedua sisi sungai kecuali pada titik  $M_9$ ,  $M_{10}$ , dan  $M_{11}$  yang hanya melimpas pada sisi kanan sungai saja.*

**Kata kunci :** Kedalaman Curah Hujan, Sungai Molompar, Debit Banjir, Tinggi Muka Air Banjir

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang keberadaannya sering dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai keperluan, antara lain untuk penyediaan air bersih, air irigasi, industri, transportasi dan lain-lain. Namun sungai juga sering menimbulkan masalah bagi manusia, antara lain meluapnya air sungai/banjir pada area di sekitar sungai serta membawa material dan juga gerusan tebing sungai terutama di lokasi-lokasi tikungan sungai akibat arus sungai. Permasalahan tersebut akan semakin terasa jika terjadi pada lokasi yang berdekatan dengan pemukiman padat penduduk.

Molompar merupakan salah satu desa yang berada di kecamatan Belang, Kabupaten Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara. Sungai Molompar memiliki DAS Molompar yang terletak pada lereng Gunung Soputan

dengan kondisi permukaan DAS berupa hutan dan perkebunan serta sebagian diantaranya berupa areal pemukiman. Jika diurut dari hulu sampai ke hilir, Sungai Molompar melintasi Wilayah Kecamatan Tombatu dan Wilayah Kecamatan Belang.

Sungai Molompar merupakan sungai yang sering meluap di saat musim hujan sehingga menggenangi kawasan pemukiman penduduk dan areal pertanian serta prasarana lainnya. Debit air sungai yang besar dapat mengancam stabilitas tebing di beberapa lokasi sepanjang sungai. Tahun 2007 pernah terjadi banjir besar yang mengakibatkan 12 rumah penduduk dan sebuah sekolahan madrasah hanyut oleh air banjir tersebut.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan suatu kajian (studi) analisis profil muka air banjir sungai yang dapat

digunakan sebagai acuan untuk perencanaan penanggulangan banjir di Sungai Molompar.

#### Pembatasan Masalah

- a) Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi adalah data dari stasiun hujan Noongan
- b) Data curah hujan harian maksimum selama 10 Tahun diambil dari Tahun 2005-2014
- c) Data debit banjir rencana dihitung untuk periode ulang 2,5,10,20,25,50 dan 100 tahun
- d) Data diolah dengan bantuan *software* hidrolika sungai *HEC-RAS ver 4.1*.

#### Tujuan Penulisan.

Menganalisis profil muka air banjir di Sungai Molompar untuk berbagai kala ulang.

#### Manfaat Penulisan

Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat diperoleh profil muka air banjir Sungai Molompar yang dapat digunakan untuk kepentingan perencanaan pengendalian banjir Sungai Molompar.

### LANDASAN TEORI

#### Aliran Permanen Beraturan

Aliran beraturan sebenarnya jarang ditemukan di lapangan dan hanya ditemukan di laboratorium. Penampang saluran alami biasanya berbentuk tidak teratur sehingga untuk debit aliran yang tetap tidak didapat garis muka air yang sejajar dengan garis dasar saluran. Meskipun aliran beraturan jarang didapati di alam, tetapi pada analisis aliran secara teoritis dipakai konsep aliran beraturan.

*HEC-RAS* dirancang untuk melaksanakan kalkulasi hidrolis satu dimensi dalam suatu jaringan alami dan saluran buatan. Pengguna akan berhubungan dengan *HEC-RAS* melalui alat penghubung grafis (GUI). Fokus utama dalam desain alat penghubung akan dipermudah dengan menggunakan perangkat lunak.

Alat ini menyediakan fungsi:

- Masukan data dan diedit
- Analisa hidrolis
- Table dan gambar dari data input dan output
- Laporan hasil.

#### Klasifikasi Aliran

Berdasarkan fungsi waktu, aliran dapat dibedakan menjadi:

- (a) Aliran permanen (*steady flow*) apabila kedalaman aliran tidak berubah atau konstan sepanjang waktu tertentu.
- (b) Aliran tidak permanen (*unsteady flow*) apabila kedalaman aliran berubah sepanjang waktu tertentu.

Berdasarkan fungsi ruang, aliran dapat dibedakan menjadi:

- (a) Aliran seragam (*uniform flow*) apabila kedalaman aliran pada setiap penampang saluran adalah sama.
- (b) Aliran tidak seragam (*varied flow*) apabila kedalaman aliran berubah sepanjang saluran. Aliran ini dapat berupa "*gradually varied flow*" atau "*rapidly varied flow*". Aliran dapat dikatakan sebagai "*rapidly varied flow*" apabila kedalaman air berubah secara cepat pada jarak yang relatif pendek.

#### Perilaku Aliran

Tipe perilaku aliran dapat di bedakan dengan bilangan Froude. Menurut bilangan Froude tipe aliran dapat di bedakan menjadi 3 yaitu:

- Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ( $Fr=1$ ) dan gangguan permukaan missal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang di lempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus
- Aliran subkritis, jika bilangan Froude lebih kecil dari satu ( $Fr<1$ ). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus)
- Aliran superkritis, jika bilangan Froude lebih besar dari satu ( $Fr>1$ ). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan aliran relatif tinggi (semua riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan bergerak mengikuti arus)

Persamaan untuk menghitung bilangan Froude yaitu:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} \quad (1)$$

dimana:

$Fr$  = bilangan Froude

$V$  = kecepatan aliran (m/dtk)

$g$  = percepatan gravitasi (m/dtk<sup>2</sup>)

$h$  = kedalaman aliran (meter)

Selain itu juga tipe aliran dapat dibedakan menggunakan bilangan Reynolds. Menurut

Bilangan Reynolds tipe aliran di bedakan sebagai berikut:

- Aliran Laminer adalah suatu tipe aliran yang ditunjukkan oleh gerak partikel-partikel cairan menurut garis-garis arusnya yang halus dan sejajar. Dengan nilai bilangan Reynolds lebih kecil dari dua ribu ( $Re < 2000$ )
- Aliran Turbulen mempunyai nilai bilangan Reynolds antara dua ribu sampai empat ribu ( $2000 = Re = 4000$ ), aliran ini tidak mempunyai garis-garis arus yang halus dan sejajar sama sekali
- Aliran Transisi biasanya paling sulit diamati dan nilai bilangan  $Re$  lebih besar dari empat ribu ( $Re > 4000$ )

Persamaan untuk menghitung bilangan Reynolds yaitu:

$$Re = \frac{V \times l}{\nu} \quad (2)$$

dimana:

- $Re$  = bilangan Reynolds
- $V$  = kecepatan aliran (m/dtk)
- $l$  = panjang karakteristik (meter)
- $\nu$  = viskositas kinematik ( $m^2/dtk$ )

### Analisa Curah Hujan

Hal yang penting dalam menentukan penelitian ini adalah distribusi curah hujan. Distribusi curah hujan berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan (jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (jumlah curah hujan sebulan), curah hujan harian (jumlah curah hujan 24 jam), dan curah hujan per jam.

### Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi memerlukan seri data yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Perencanaan persungai biasanya diadakan setelah ditentukannya batas-batas besaran hidrologi yang terjadi karena fenomena alam yang mendadak dan tidak normal. Karena itu perlu dihitung kemungkinan debit atau curah hujan yang

lebih kecil atau lebih besar dari suatu nilai tertentu, berdasarkan data-data yang diperoleh sebelumnya.

### Uji Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Penyimpangan ini antara lain diakibatkan oleh kesalahan pembacaan. Uji data *outlier* berguna untuk menilai data curah hujan yang ada, apakah ada data yang terlampaui jauh menyimpang dari kumpulan data yang ada.

Uji *outlier* tinggi rendah menggunakan persamaan berikut ini:

a) Uji *outlier* tinggi

$$\log X_H = \overline{\log X} + Kn.S_{\log} \quad (3)$$

b) Uji *outlier* rendah

$$\log X_L = \overline{\log X} - Kn.S_{\log} \quad (4)$$

dengan:

$\overline{\log X}$  = Nilai rata – rata log data pengamatan

$C_{s_{\log}}$  = Koefisien *skewness* (dalam log)

$S_{\log}$  = Standart deviasi (dalam log)

$X_H$  = *High outlier / outlier* tinggi

$X_L$  = *Low outlier / outlier* rendah

$Kn$  = Konstanta uji *outlier* (diambil dari tabel *K value test*) yang tergantung dari jumlah data yang dianalisis.

Jika terdapat data *outlier*, maka data tersebut sebaiknya disesuaikan dengan mengambil batas atas atau batas bawah sebagai acuan. Data yang sudah disesuaikan siap untuk digunakan.

### Pengukuran Dispersi

Dalam analisis frekuensi curah hujan data hidrologi dikumpulkan, dihitung, disajikan dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu, yaitu metode statistik. Pada kenyataannya bahwa tidak semua variat dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya variasi biasa disebut dengan pengukuran dispersi (Soewarno,1995).

Adapun cara pengukuran dispersi antara lain:

- Standar Deviasi ( $S_d$ )
- Koefisien *Skewness* ( $C_s$ )
- Pengukuran *Kurtosis* ( $C_k$ )
- Koefisien Variasi ( $C_v$ )
- Standar Deviasi ( $S_d$ )

Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah standar deviasi dan varian. Varian dihitung sebagai nilai kuadrat dari standar deviasi. Apabila penyebaran data

sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai standar deviasi akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka standar deviasi akan kecil.

Rumus:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (5)$$

dimana:

- $S_d$  = Standar deviasi
- $X_i$  = Nilai variabel
- $\bar{X}$  = Nilai rata-rata
- $n$  = Jumlah data

**Koefisien Skewness (Cs)**

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak-simetrisan (*asymetry*) dari bentuk distribusi. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*).

Rumus:

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \cdot S_d^3}$$

dimana:

- $Cs$  = koefisien kemencengan
- $X_i$  = nilai variabel
- $\bar{X}$  = nilai rata-rata
- $n$  = jumlah data
- $S_d$  = standar deviasi

**Pengukuran Kurtosis (Ck)**

Pengukuran *kurtosis* dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Rumus:

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S_d^4}$$

dimana:

- $Ck$  = koefisien *kurtosis*
- $X_i$  = nilai variabel
- $\bar{X}$  = nilai rata-rata
- $n$  = jumlah data
- $S_d$  = standar deviasi

**Koefisien Variasi (Cv)**

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

Rumus:

$$Cv = \frac{S_d}{\bar{X}}$$

dimana:

- $Cv$  = koefisien variasi
- $S_d$  = standar deviasi
- $\bar{X}$  = nilai rata-rata

Dari nilai-nilai di atas, kemudian dilakukan pemilihan jenis sebaran yaitu dengan membandingkan koefisien distribusi dari metode yang akan digunakan.

**Pemilihan jenis sebaran**

Ada berbagai macam distribusi teoritis yang kesemuanya dapat dibagi menjadi dua yaitu distribusi deskrit dan distribusi kontinyu. Yang deskrit misalnya *binomial* dan *poisson* dan sebagainya, sedangkan yang kontinyu adalah Normal, Log Normal, Pearson dan Gumbel (Soewarno,1995).

Berikut ini adalah beberapa macam distribusi yang sering digunakan, yaitu:

**Distribusi Gumbel I**

Distribusi Tipe I Gumbel atau Distribusi Ekstrem Tipe I (*extreme type I distribution*) digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir.

Rumus:

$$X_t = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n} \times (Y - Y_n) \quad (6)$$

dimana:

- $X_t$  = curah hujan rencana
- $\bar{X}$  = curah hujan rata-rata
- $S_d$  = standar deviasi
- $S_n$  = standar deviasi ke n
- $Y$  = koefisien untuk distribusi Gumbel
- $Y_n$  = koefisien untuk distribusi Gumbel ke n

**Distribusi Log Pearson Tipe III**

Distribusi Log-Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk Distribusi Log-Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

Rumus:

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{X} + G \times S_d \quad (7)$$

$$X_t = 10^{\text{Log } X_t} \quad (8)$$

dimana:

- $X_t$  = curah hujan rencana

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata  
 $S_d$  = standar deviasi  
 $G$  = koefisien untuk distribusi Log Pearson

**Distribusi Log Normal**

Distribusi Log Normal, merupakan hasil transformasi dari Distribusi Normal, yaitu dengan mengubah varian  $X$  menjadi nilai logaritmik varian  $X$ .

Rumus:  

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{X} + k \times S_d \quad (9)$$

$$X_t = 10^{\text{Log} X_t}$$

dimana:  
 $X_t$  = curah hujan rencana  
 $\bar{X}$  = curah hujan rata-rata  
 $S_d$  = standar deviasi  
 $k$  = koefisien untuk distribusi Normal

**Uji Chi-Kuadrat**

Pengujian dengan menggunakan metode Chi-kuadrat dimaksudkan untuk melihat kecocokan dan memilih data yang paling cocok untuk digunakan.

**Uji Smirvov-Kolmogorov**

Uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

**Analisis Debit Banjir Rancangan**

Menurut pedoman dan kriteria perencanaan teknis irigasi bahwa, debit banjir rencana yang digunakan adalah Q20, Q50, Q100 yakni banjir dengan periode ulang 20 thn, 50 thn, 100 thn. Namun demikian untuk tanggul-tanggul yang kecil penggunaan periode ulang yang lebih kecil perlu di pertimbangkan dengan melihat pada keadaan khusus tiap lokasi, sebaliknya banjir yang melebihi Q100 yang terjadi mendekati saat perencanaan perlu juga di pertimbangkan dalam menentukan besarnya debit perencanaan.

Dalam praktek analisis hidrologi terdapat beberapa cara yang dapat ditempuh untuk menetapkan debit banjir rancangan. Masing-masing cara akan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- a) ketersediaan data,
- b) tingkat kesulitan yang dikehendaki,
- c) kesesuaian cara dengan DAS yang ditinjau.

Cara analisis dapat dikelompokkan menjadi tiga metode, yaitu:

- a) cara empirik,
- b) cara statistik,
- c) analisis dengan model hidrologi

Cara empirik adalah metode pendekatan dengan rumus rasional. Cara ini diterapkan apabila tidak tersedia data debit yang cukup panjang tetapi tersedia data hujan harian yang panjang. Terdapat empat metode perhitungan banjir rancangan yang dikembangkan berdasarkan prinsip pendekatan rasional, yaitu:

- a) Metode rasional
- b) Metode Der Weduwen
- c) Metode Melchior
- d) Metode Haspers.

**Metode Rasional**

Metode rasional merupakan salah satu dari beberapa metode empiris yang sering digunakan untuk memperkirakan debit puncak (*peak discharge*). Asumsi dasar dari metode ini adalah bahwa curah hujan terjadi secara merata di seluruh daerah aliran dan waktu konsentrasi sama dengan durasi hujan. Waktu konsentrasi adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk pengaliran air dari yang paling ujung dari suatu DAS sampai ke *outlet*.

Dengan menggunakan asumsi tersebut, secara teoritis formulasi dari metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \quad (10)$$

dimana:

- $Q$  = Debit Puncak banjir ( $m^3 / dt$ )
- $C$  = Koefisien Limpasan ( $0 < C < 1$ ) (koefisien pengaliran yang tergantung pada tata guna lahan, kondisi tanah, kemiringan dan vegetasi penutup lahan)
- $I$  = Intensitas hujan maksimum dengan lama hujan sama dengan waktu konsentrasi (mm / jam)
- $A$  = Luas DAS ( $Km^2$ )

Untuk pendugaan intensitas hujan dengan lama hujan kurang dari 24 jam, digunakan rumus empirik dari dr. Mononobe:

$$I_t = \left( \frac{R_{24}}{24} \right) \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3} \quad (11)$$

dimana:

- $I$  = Intensitas hujan dengan  $t$  jam (mm/ jam),
- $R_{24}$  = Maksimum hujan 24 jam (mm).
- $T$  = Lama waktu curah hujan/lama waktu

konsentrasi aliran (jam).

**Tabel 1. Nilai Koefisien Limpasan (Pengaliran)**

Tata Guna Lahan	Kemiringan	Jenis Tanah		
		Loam Berpasir	Lempung Sitloam	Lempung Padat
Hutan	0% - 5%	0.1	0.3	0.4
	5% - 10%	0.25	0.35	0.5
	10% - 30%	0.3	0.5	0.6
Padang Rumput (semak-semak)	0% - 5%	0.1	0.3	0.4
	5% - 10%	0.15	0.35	0.55
	10% - 30%	0.2	0.4	0.6
Tanah Pertanian	0% - 5%	0.3	0.5	0.6
	5% - 10%	0.4	0.6	0.7
	10% - 30%	0.5	0.7	0.8

**Tabel 2. Nilai Koefisien Limpasan (Pengaliran) Mononobe**

Kondisi DAS	Harga f
Daerah pegunungan yang curam	0.75 – 0.90
Daerah pegunungan tersier	0.70 – 0.80
Tanah bergelombang dan hutan	0.50 – 0.75
Tanah daratan yang ditanami	0.45 – 0.60
Persawahan yang diairi	0.70 – 0.80
Sungai di daerah pegunungan	0.75 – 0.85
Sungai kecil di dataran	0.45 – 0.75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0.50 – 0.75

(Sumber: Sosrodarsono, S. Kensaku, T. 1987)

**Metode Weduwen**

Metode perhitungan banjir Der Weduwen diterbitkan pertama kali pada tahun 1937 cocok untuk DAS dengan luas sampai 100 km<sup>2</sup>. Dasar dari metode ini sama dengan metode melchior, yaitu rasional, digambarkan dalam bentuk yang kita kenal sebagai rumus:

$$Q = \alpha \times \beta \times q \times A \quad (12)$$

dimana:

- $\alpha$  = Run Off Coef
- $\beta$  = Reduction Coeff
- $q$  = Hujan terbesar (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/dt)
- $A$  = luas daerah pengaliran sungai (km<sup>2</sup>)
- $Q$  = Debit maksimum (m<sup>3</sup>/dt)

**Metode Haspers**

Dasar dari metode ini sama dengan metode Melchior dan Weduwen, yaitu rumus Rasional, dalam bentuk rumus adalah sebagai berikut:

$$Q = \alpha \times \beta \times q \times A$$

$$t = 0,1 \times L^{0,8} \times i^{-0,30} \quad (13)$$

$$\alpha = \frac{1+(0,012 \times A^{0,70})}{1+(0,075 \times A^{0,70})} \quad (14)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+(3,70 \times 10^{0,40t})}{t^2+15} \times \frac{A^{0,75}}{12} \quad (15)$$

Untuk t < 2 jam digunakan rumus:

$$r = \frac{t \times r}{t+1-0,0008(260-R)(2-t)^2} \quad (16)$$

Untuk t > 2 jam digunakan rumus:

$$r = \frac{t \times R}{t+1} \quad (17)$$

$$q = \frac{r}{3,6 \times t} \quad (18)$$

dimana:

- $Q$  = debit banjir rencana pada periode ulang tertentu (m<sup>3</sup>/det)
- $\alpha$  = koefisien limpasan air hujan
- $\beta$  = koefisien pengurangan luas daerah hujan
- $q$  = intensitas maksimum jatuhnya hujan rata – rata (m<sup>3</sup>/det/km)
- $A$  = luas daerah pengaliran sungai (km<sup>2</sup>)
- $t$  = waktu konsentrasi hujan (jam)
- $L$  = panjang sungai (km)
- $i$  = kemiringan sungai

**Rumus Manning**

Salah satu pendekatan dalam perhitungan hidraulik sungai adalah dengan menggunakan rumus Manning yang menganggap aliran sungai adalah aliran tetap sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (19)$$

$$V = \frac{Q}{A} \text{ dan } R = \frac{A}{P} \quad (20)$$

$$A = [b+(m \times h)] \times h \quad (21)$$

$$P = b + 2h \times \sqrt{m^2 + 1} \quad (22)$$

dimana:

- $V$  = Kecepatan Aliran, m/det.
- $Q$  = Debit, m<sup>3</sup>/det.
- $A$  = Luas potongan melintang aliran, m<sup>2</sup>
- $R$  = Jari-jari hidraulis, m
- $P$  = Keliling basah, m
- $b$  = Lebar dasar sungai, m
- $h$  = Tinggi air, m
- $I$  = Kemiringan energi
- $n$  = Koefisien kekasaran Manning (m<sup>1/3</sup>/det)
- $m$  = Kemiringan talud (1 V: m H)

Mengingat bahwa aliran sungai pada umumnya adalah sub-kritis, maka perhitungan tinggi muka air pada penampang tidak hanya dilakukan dengan rumus Manning, tetapi dilakukan dengan metode persamaan energi.

### **Pengenalan HEC-RAS**

HEC-RAS adalah sebuah system software yang didesain untuk melakukan berbagai analisis hidrolika. HEC-RAS mampu menampilkan perhitungan penampang muka air satu dimensi untuk aliran dalam saluran alami atau buatan. HEC-RAS juga mampu memperhitungkan penampang muka air aliran subkritis, superkritis, dan campuran (*mixed flow*). System ini mengandung tiga komponen analisis hidrolik satu dimensi, yaitu perhitungan transportasi sedimen. Ketiga komponen akan menggunakan tampilan data geometri serta perhitungan geometri dan hidrolika. HEC-RAS yang digunakan adalah HEC-RAS versi 4.1.

### **Perhitungan Penampang Dasar**

Penampang dasar muka air diperkirakan dari satu *cross section* ke *cross section* selanjutnya dengan menggunakan persamaan energi dengan prosedur iterasi yang disebut metode *standard step*. Saluran alam misalnya sungai, biasanya mempunyai luas penampang yang berubah dan berbentuk non prismatis. Kehilangan energi pada saluran tersebut adalah kehilangan energi karena gesekan dasar atau karena perubahan bentuk penampang.

### **Bagian-bagian Cross Section untuk Perhitungan Conveyance**

Penentuan *conveyance* total dan koefisien kecepatan untuk *cross section* membutuhkan aliran yang dibagi-bagi menjadi unit-unit yang mana kecepatan didistribusikan secara seragam. Pendekatan yang digunakan dalam HEC-RAS adalah membagi aliran dalam daerah bantaran menggunakan input pembatas kekasaran manning *cross section* (lokasi dimana nilai  $n$  berubah) sebagai dasar subdivisi.

### **Nilai Manning Komposit Untuk Saluran Utama**

Aliran dalam saluran utama tidak dibagi-bagi, kecuali ketika koefisien kekasaran berubah dalam daerah saluran HEC-RAS menguji subdivisi untuk dapat diaplikasikan terhadap kekasaran dalam bagian saluran utama dari sebuah *cross section*, dan jika tidak mampu, program akan menghitung nilai komposit  $n$  tunggal untuk semua saluran utama.

Program menentukan bila saluran utama *cross section* dapat dibagi-bagi, atau bila sebuah nilai komposit saluran utama akan digunakan berdasarkan ukuran berikut: jika sebuah sisi miring saluran utama lebih curam dari 5H:1V dan saluran utama mempunyai lebih dari 1 nilai  $n$ , kekasaran komposit  $n_c$  akan diperhitungkan. Sisi miring saluran digunakan oleh HEC-RAS dibatasi sebagai jarak horizontal antar stasiun nilai  $n$  berbatasan dengan saluran utama melewati perbedaan elevasi kedua stasiun ini

### **Tinggi Energi Kinetik Rata - rata**

Karena software HEC-RAS adalah program penampang muka air satu dimensi, hanya muka air tunggal, oleh karena itu, energi utama tunggal diperhitungkan pada masing-masing *cross section*. Untuk sebuah elevasi muka air yang diberikan, energi utama dicapai dengan menghitung energi pemberat aliran dari 3 subbagian sebuah *cross section* (*overbank* kiri, utama dan kanan).

### **Prosedur perhitungan**

Elevasi muka air yang tidak diketahui pada sebuah *cross section* ditentukan oleh sebuah iterasi persamaan.

### **Kedalaman Kritis**

Berbagai kondisi yang harus dipenuhi untuk menentukan kedalaman kritis *cross section* adalah:

- a) Aliran superkritis sudah disebutkan.
- b) Perhitungan kedalaman kritis sudah diminta oleh pengguna.

Program tidak dapat menyeimbangkan persamaan energi dalam batas toleransi yang ditentukan sebelum mencapai angka maksimal iterasi.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian terletak di Sungai Molompar, Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara.



**Gambar 1. Gambaran umum lokasi penelitian**

DAS Sungai Molompar terletak di Gunung Soputan dengan permukaan DAS berupa hutan dan sebagian lagi berupa perkampungan (rural). Sungai Molompar merupakan sungai yang sering meluap disaat musim hujan sehingga menggenangi kawasan pemukiman penduduk dan areal pertanian serta prasarana lainnya. Debit air sungai yang besar dapat mengancam stabilitas tebing di beberapa lokasi sepanjang sungai.

Analisa hidrolika sungai dimaksudkan untuk menganalisa profil muka air banjir di sungai dengan berbagai kala ulang dari debit rencana. Dalam analisa hidraulika akan di analisa seberapa besar daya tampung penampang sungai agar dapat membantu supaya lebih mudah memilih usulan-usulan alternatif pengendalian banjir secara struktural terhadap tinggi muka air banjir dan luapan banjir yang terjadi.

### Prosedur Penelitian

Adapun prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Studi literatur
- b) Survey lokasi di Sungai Molompar
- c) Observasi lapangan untuk mengetahui keadaan / situasi yaitu Sungai Molompar serta kondisi DAS
- d) Pengumpulan data sekunder, dalam hal ini adalah peta topografi, peta trase sungai, potongan memanjang dan melintang serta data curah hujan.
- e) Analisa data curah hujan
- f) Analisa debit banjir rencana dengan periode kala ulang 2,5,10,20,25,50 dan 100 tahun.
- g) Analisa profil muka air banjir dengan bantuan program *HEC-RAS ver 4.1*.

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah proses mencari data-data yang dibutuhkan untuk penelitian. Data-data yang digunakan berupa data-data sekunder yang didapat dari Badan Wilayah Sungai (BWS) dan Lembaga-lembaga lainnya.

Data-data yang digunakan dalam penulisan ini antara lain adalah sebagai berikut:

- a) Data Hidrologi
  - ✓ Data debit banjir rencana dengan periode kala ulang 2, 5, 10, 20 dan 25 tahun.
- b) Data Pengukuran topografi, yang meliputi:
  - ✓ Peta topografi skala 1:50.000 untuk membuat skematisasi sungai dan peta kawasan sungai.
  - ✓ Peta situasi trase sungai skala 1: 2.000
  - ✓ Potongan memanjang sungai skala 1: 2.000 H; 1: 200 V
  - ✓ Potongan melintang sungai skala 1: 200
- c) Data sungai
  - ✓ Data kondisi alur sungai dan daerah bantaran sungai untuk memperkirakan koefisien kekasaran aliran
- d) Data bangunan sungai yang ada (*existing*), antara lain:
  - ✓ Data bangunan jembatan dan dimensinya.

### Analisa Curah Hujan

Setelah di dapat data curah hujan di stasiun Noongan selama 10 tahun terakhir, penulis menentukan karakteristik sebarannya. Perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan menggunakan analisis frekuensi yang meliputi;

- a) Metode Gumbel
- b) Metode Log Pearson III
- c) Metode Log Normal

Perhitungan Q rencana (debit rencana) secara manual dengan mencari karakteristik data yang kemudian diaplikasikan ke dalam perhitungan secara manual menggunakan sebaran Gumbel, Log Pearson III, dan Log Normal yang kemudian di uji menggunakan pengujian Chi-Kuadrat dan pengujian Smirnov-Kolmogorov.

### Analisa Debit Banjir Rencana

Ada beberapa metode untuk memperkirakan debit banjir (laju aliran puncak). Metode yang dipakai pada suatu lokasi lebih banyak ditentukan oleh

ketersediaan data, namun pada penelitian kali ini penulis memilih metode Haspers.

### Simulasi Profil Muka Air Dengan HEC-RAS

Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan untuk melakukan simulasi dengan HEC-RAS:

1. Pilih *File, New Project*. Masukkan nama *project*.
2. Pilih *Options, Unit System* pilih *system international* untuk membuat data dalam satuan SI.
3. Pilih *edit/enter geometric data*. Gambar sket saluran yang ditinjau.
4. Pilih *cross section, options, add new cross section*. Masukkan data untuk masing - masing *cross section* yang meliputi:
  - a) Jarak antar stasiun sungai.
  - b) Angka Manning bantaran kiri, kanan dan saluran utama.
  - c) Jarak bantaran kiri, kanan dan saluran utama terhadap *cross section* selanjutnya.
  - d) Koefisien kontraksi dan ekspansi menggunakan input yang sudah diberikan yaitu 0,1 dan 0,3.

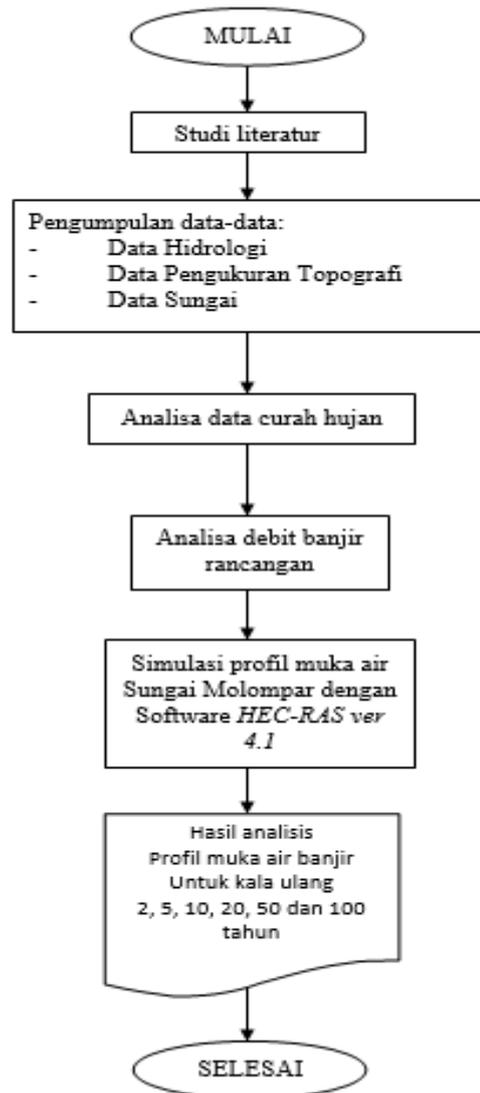
Setelah semua data *cross section* selesai dimasukkan, pada *geometric data* akan tampak titik-titik stasiun sungai.

5. Pilih *edit/enter steady flow data*, masukkan data yang akan dihitung. Kemudian pilih *reach boundary condition* untuk memasukkan kondisi batas saluran yang dianalisis.
6. Pilih *perform a steady flow simulation*, pilih keadaan aliran yang sesuai dengan saluran yang dianalisis. *Output* yang dihasilkan yaitu profil muka air dan kapasitas tampungan sungai, sehingga kita dapat mengetahui daerah Sungai Molompar yang mengalami banjir.

### Memeriksa Kapasitas Tampungan

Kapasitas tampungan akan ditampilkan oleh HEC-RAS, bila muka air melebihi / melewati tanggul berarti kapasitas tampungan tidak mencukupi dan dapat mengakibatkan banjir.

### Bagan Alir



Gambar 2. Bagan alir penelitian

### ANALISIS

#### Karakteristik Sungai Molompar

Sungai Molompar yang berada di wilayah Kabupaten Minahasa Tenggara merupakan sungai yang sering meluap disaat musim hujan sehingga menggenangi kawasan permukiman penduduk dan areal pertanian serta prasarana lainnya. Lagi pula debit air sungai-sungai tersebut yang besar mengancam stabilitas tebing di beberapa lokasi sepanjang sungai. Oleh karena itu diperlukan evaluasi kapasitas penampang dan upaya penanggulangan untuk mengatasi banjir di Sungai Molompar tersebut.

Sungai Molompar memiliki DAS Molompar yang terletak pada Gunung Sopotan dengan kondisi permukaan DAS berupa hutan

dan perkebunan serta sebagian kecil diantaranya berupa areal pemukiman. Daerah tangkapan hujan (catchment area) dari lokasi penelitian ini mencakup keseluruhan DAS Molompar. Jika diurut dari hulu sampai ke hilir, Sungai Molompar melintasi Wilayah Kecamatan Tombatu dan Wilayah Kecamatan Belang seperti diberikan pada tabel berikut:

**Tabel 3. Lintasan Sungai Molompar di Kabupaten Minahasa Tenggara**

Urutan desa dari hulu sampai dengan hilir	Kecamatan
Molompar (hulu)	Tombatu
Tajongan	
Liwutung	
Maulit	
Tababo	Belang
Watulney tengah	
Watulney	
Molompar Utara	
Molompar	
Molompar Timur	



**Gambar 3. Peta Catchment Area / DAS Molompar**  
(Sumber: Data Sekunder Balai Wilayah Sungai SULUT)

**Analisa Data Curah Hujan Rancangan**

Panjang Sungai Molompar yang diamati adalah 3926 m. Jarak tersebut dibagi-bagi menjadi 89 data *cross*.

Data-data yang diinput untuk analisis kapasitas penampang Sungai Molompar meliputi:

- a) Angka Manning bantaran kiri = 0.07

Angka Manning bantaran kanan = 0.05  
Angka Manning saluran utama = 0.07

- b) Jarak bantaran kiri, kanan dan saluran utama terhadap *cross section* selanjutnya.
- c) Data debit rencana yang didapat dari perhitungan analisa curah hujan secara manual dengan menghitung tiga sebaran/metode, yaitu sebaran Gumbel, sebaran Log Person III dan sebaran Log Normal.
- d) Keadaan aliran Subkritis.

**Analisa Kualitas Data**

**Seri Data**

Dengan mengambil data curah hujan dari stasiun hujan Noongan diperoleh data curah hujan sebagai berikut:

**Tabel 4. Data curah hujan stasiun noongan**

No.	Tahun	X	Rangking X
		(mm)	(mm)
1	2005	90	54
2	2006	87	57.6
3	2007	107	84.6
4	2008	57.6	87
5	2009	98.2	90
6	2010	54	94.8
7	2011	116.4	98.2
8	2012	94.8	100
9	2013	84.6	107
10	2014	100	116.4
Jumlah		889.6	889.6

(Sumber: Data Curah Hujan Badan Wilayah Sungai)

**Analisa Data Outlier**

Sebelum data curah hujan dianalisa untuk mendapatkan curah hujan rancangan, terlebih dahulu dilakukan uji data *outlier*, untuk mengetahui apakah ada data curah hujan yang ekstrim karena kelalaian dalam pencatatan atau terjadi kondisi ekstrim. Uji data *outlier* ini dilakukan untuk data *outlier* tinggi dan data *outlier* rendah dengan syarat-syarat pengujian berdasarkan koefisien skewness ( $C_{SLog}$ ):

- Uji *outlier* tinggi terlebih dahulu jika  $C_{SLog} > 0.4$
- Uji *outlier* rendah terlebih dahulu jika  $C_{SLog} < -0.4$
- Uji *outlier* tinggi dan rendah sekaligus jika  $-0.4 \leq C_{SLog} \leq 0.4$

**Tabel 5. Perhitungan uji outlier**

Nb.	Tahun	$X_i$ (mm)	Log $X_i$	$(\log X_i - \log \bar{X})$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$	$(\log X_i - \log \bar{X})^3$
1	2005	90	1.9542	0.0164	0.0003	0
2	2006	87	1.9395	0.0017	0	0
3	2007	107	2.0294	0.0916	0.0084	0.0008
4	2008	57.6	1.7604	-0.1774	0.0315	-0.0056
5	2009	98.2	1.9921	0.0543	0.0029	0.0002
6	2010	<b>54</b>	1.7324	-0.2054	0.0422	-0.0087
7	2011	<b>116.4</b>	2.066	0.1281	0.0164	0.0021
8	2012	94.8	1.9768	0.039	0.0015	0.0001
9	2013	84.6	1.9274	-0.0105	0.0001	0
10	2014	100	2	0.0622	0.0039	0.0002
Jumlah		889.6	19.3782	0	0.1072	-0.0109
Mean (log X)		1.9378				

$$CS_{Log} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S_{Log}^3}$$

$$CS_{Log} = -1,16664$$

- ✓ Karena  $CS_{Log} < -0.4$  maka uji outlier rendah terlebih dahulu

Uji outlier rendah:

$$\log X_l = \overline{\log X} - (S_{Log} \times K_n)$$

Untuk  $n=10 \rightarrow K_n = 2.036 \Rightarrow \log X_l = 1,9378 - (0,109132 \times 2,036) = 1,715$

$$X_l = 51,9551 \text{ mm}$$

- ✓ Karena  $X_i \text{ min} > X_l (54,00 > 51,9551)$  maka tidak ada data outlier rendah

Uji outlier tinggi:

$$\log X_h = \overline{\log X} + (S_{Log} \times K_n)$$

Untuk  $n=10 \rightarrow K_n = 2,036 \Rightarrow \log X_h = 1,9378 + (0,109132 \times 2,036) = 2,16$

$$X_h = 144,5482 \text{ mm}$$

- ✓ Karena  $X_i \text{ max} < X_h (116,40 < 144,5482)$  maka tidak ada data outlier tinggi

**Analisa Frekuensi**

Perhitungan analisa frekuensi ini digunakan untuk menentukan curah hujan rencana 2, 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun. Untuk perhitungan ini penulis menggunakan Distribusi Gumbel, Distribusi Log Person III dan Distribusi Log Normal karena dinilai paling cocok untuk daerah Sulawesi Utara berdasarkan hasil berbagai studi terdahulu yang pernah dilakukan.

**Distribusi Gumbel**

Hasil perhitungan distribusi Gumbel tipe 1 diberikan pada Tabel 6 berikut ini:

**Tabel 6. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Gumbel Stasiun Noongan Selama 10 Tahun**

No.	Tahun	X terurut	$(X_i - X_{rata-rata})$	$(X_i - X_{rata-rata})^2$	$(X_i - X_{rata-rata})^3$	$(X_i - X_{rata-rata})^4$
1	2010	54	-34.96	1222.2016	-42728.1679	1493776.751
2	2008	57.6	-31.36	983.4496	-30840.9795	967173.1157
3	2013	84.6	-4.36	19.0096	-82.8819	361.3649
4	2006	87	-1.96	3.8416	-7.5295	14.7579
5	2005	90	1.04	1.0816	1.1249	1.1699
6	2012	94.8	5.84	34.1056	199.1767	1163.192
7	2009	98.2	9.24	85.3776	788.889	7289.3346
8	2014	100	11.04	121.8816	1345.5729	14855.1244
9	2007	107	18.04	325.4416	5870.9665	105912.235
10	2011	116.4	27.44	752.9536	20661.0468	566939.1238
Jumlah:		889.6	0	3549.344	-44792.7821	3157486.169

**Tabel 7. Curah Hujan Metode Gumbel**

T	$Y_T$	Sd	$Y_n$	$S_n$	K	X (mm)
2	0.3665	19.8588	0.4952	0.9496	-0.1355	86.2688
5	1.4999	19.8588	0.4952	0.9496	1.0581	109.9719
10	2.2504	19.8588	0.4952	0.9496	1.8483	125.6655
20	2.9702	19.8588	0.4952	0.9496	2.6064	140.7191
25	3.1985	19.8588	0.4952	0.9496	2.8468	145.4943
50	3.9019	19.8588	0.4952	0.9496	3.5876	160.2044
100	4.6001	19.8588	0.4952	0.9496	4.3228	174.806

**Distribusi Log Pearson III**

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson Tipe III dengan menggantikan data menjadi nilai logaritmik.

**Tabel 8. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Stasiun Noongan Selama 10 Tahun**

No.	$X_i$	Log $X_i$	$(\log X_i - \log \bar{X}_{rata-rata})$	$(\log X_i - \log \bar{X}_{rata-rata})^2$	$(\log X_i - \log \bar{X}_{rata-rata})^3$	$(\log X_i - \log \bar{X}_{rata-rata})^4$	
1	54	1.7324	-0.2054	0.0422	-0.0087	0.0018	
2	57.6	1.7604	-0.1774	0.0315	-0.0056	0.001	
3	84.6	1.9274	-0.0105	0.0001	0	0	
4	87	1.9395	0.0017	0	0	0	
5	90	1.9542	0.0164	0.0003	0	0	
6	94.8	1.9768	0.039	0.0015	0.0001	0	
7	98.2	1.9921	0.0543	0.0029	0.0002	0	
8	100	2	0.0622	0.0039	0.0002	0	
9	107	2.0294	0.0916	0.0084	0.0008	0.0001	
10	116.4	2.066	0.1281	0.0164	0.0021	0.0003	
Jumlah		889.6	19.3782	0	0.1072	-0.0109	0.0031

**Tabel 9. Curah Hujan Log Pearson III**

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	-1.1666	0.1983	1.9595	91.0887
5	20	-1.1666	0.772	2.0221	105.2132
10	10	-1.1666	1.142	2.062	115.4647
20	5	-1.1666	1.3092	2.0807	120.4201
25	4	-1.1666	1.3427	2.0843	121.4365
50	2	-1.1666	1.424	2.0932	123.9441
100	1	-1.1666	1.4627	2.0974	125.1544

\*Keterangan:

G = Lihat Tabel. (Hubungan Cs dengan Kala Ulang (T) atau dengan Percent Chance (P%))

X = Curah hujan rancangan metoda Log Pearson Tipe III

**Distribusi Log Normal 2 Parameter**

**Tabel 10. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Log Normal Stasiun Noongan Selama 10 Tahun**

No.	$X_i$	$\log X_i$	$(\log X_i - \text{rerata Log } X)$	$(\log X_i - \text{rerata Log } X)^2$	$(\log X_i - \text{rerata Log } X)^3$	$(\log X_i - \text{rerata Log } X)^4$
1	54	1.7324	-0.20543	0.0422	-0.00867	0.00178
2	57.6	1.7604	-0.1774	0.03147	-0.00558	0.00099
3	84.6	1.9274	-0.01045	0.00011	0	0
4	87	1.9395	0.0017	0	0	0
5	90	1.9542	0.01642	0.00027	0	0
6	94.8	1.9768	0.03899	0.00152	0.00006	0
7	98.2	1.9921	0.05429	0.00295	0.00016	0.00001
8	100	2	0.06218	0.00387	0.00024	0.00001
9	107	2.0294	0.09156	0.00838	0.00077	0.00007
10	116.4	2.066	0.12813	0.01642	0.0021	0.00027
Total	889.6	19.3782	0	0.10719	-0.01092	0.00314

**Tabel 11. Curah Hujan Log Normal**

T	P	k	Log X	X (mm)
2	0.5	-0.0281	1.9348	86.0504
5	0.2	0.832	2.0286	106.8111
10	0.1	1.2979	2.0795	120.0786
20	0.05	1.6912	2.1224	132.5497
25	0.04	1.7666	2.1306	135.088
50	0.02	2.1441	2.1718	148.5273
100	0.01	2.4686	2.2072	161.1477

**Rekapitulasi Hasil Analisa Frekuensi Berbagai Distribusi**

Rekapitulasi hasil analisa frekuensi terhadap data curah hujan ke tiga jenis distribusi di tampilkan pada table berikut:

**Tabel 12. Rekapitulasi Curah Hujan Tiap Distribusi**

No.	Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan DAS Molompar (mm)		
		Distribusi Gumbel Tipe I	Distribusi Log Normal 2 Parameter	Distribusi Log Pearson Tipe III
1	2	86.269	86.05	91.089
2	5	109.972	106.811	105.213
3	10	125.665	120.079	115.465
4	20	140.719	132.55	120.42
5	25	145.494	135.088	121.436
6	50	160.204	148.527	123.944
7	100	174.806	161.148	125.154

**Uji Kecocokan Distribusi**

Uji kecocokan diperlukan untuk menentukan kecocokan metode sebaran dari sampel data terhadap fungsi sebaran peluang yang diperkirakan dapat mewakili sebaran di daerah tersebut.

**Rekapitulasi Hasil Uji Chi – Kuadrat dan Smirnov - Kolmogorov**

**Uji Chi-Kuadrat**

**Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Uji Chi-Kuadrat**

No.	Metode Distribusi	Nilai $C^2_{hitung}$	Nilai $C^2_{kritis}$	Keterangan
1	Distribusi Gumbel Tipe I	5.000	5.991	Memenuhi
2	Distribusi Log Normal 2 Parameter	3.000	5.991	Memenuhi
3	Distribusi Log Pearson Tipe III	5.000	5.991	Memenuhi

**Uji Smirnov-Kolmogorov**

**Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Uji Smirnov-Kolmogorov**

No.	Metode Distribusi	Nilai $\Delta_{hitung}$	Nilai $\Delta_{kritis}$	Keterangan
1	Distribusi Gumbel Tipe I	0.1993	0.409	Memenuhi
2	Distribusi Log Normal 2 Parameter	0.239	0.409	Memenuhi
3	Distribusi Log Pearson Tipe III	0.1204	0.409	Memenuhi

- ✓ Berdasarkan hasil uji baik menggunakan metode Chi – Kuadrat maupun Smirnov – Kolmogorov menyatakan bahwa semua jenis distribusi dapat digunakan, dan pada penelitian ini kami memilih distribusi Log Pearson Tipe III.

**Analisa Debit Banjir Rancangan**

Dalam perhitungan analisa distribusi curah hujan rancangan, distribusi yang dipilih untuk digunakan dalam perencanaan selanjutnya adalah sebaran Log Pearson III. Selanjutnya dari data curah hujan rancangan yang diperoleh tersebut dilakukan analisa debit banjir rancangan. Ada beberapa metode analisa debit banjir yang tersedia seperti metode Rasional, Weduwen, Melchior, Haspers, Metode Hidrograf Satuan Sintetik(HSS) Nakayasu, HSS Gama I, dan lain - lain. Dalam perencanaan ini digunakan analisis debit banjir rancangan dengan metode Haspers.

**Metode Haspers**

Metode Haspers adalah metode untuk menghitung debit banjir maksimum pada luas DAS < 300 km<sup>2</sup>.

**Tabel 15. Hasil Perhitungan Metode Haspers**

n (Tahun)	$R_n$ (mm)	t (jam)	r (mm)	$\alpha$	$\beta$	$q_t$ (m <sup>3</sup> /d/km <sup>2</sup> )	A (km <sup>2</sup> )	$Q_n$ (m <sup>3</sup> /dt)
2	91.089	3.8	72.117	0.39	0.67	5.27	157.52	219.179
5	105.213	3.8	83.3	0.39	0.67	6.087	157.52	253.164
10	115.465	3.8	91.416	0.39	0.67	6.68	157.52	277.832
20	120.42	3.8	95.339	0.39	0.67	6.967	157.52	289.755
25	121.436	3.8	96.144	0.39	0.67	7.026	157.52	292.2
50	123.944	3.8	98.129	0.39	0.67	7.171	157.52	298.235
100	125.154	3.8	99.087	0.39	0.67	7.241	157.52	301.146

### Pemodelan Profil Muka Air dengan *HEC-RAS ver 4.1*

Setelah di dapat debit rancangan dalam beberapa periode ulang, sifat aliran, nilai manning dan profil melintang sungai, selanjutnya data-data tersebut kita salin ke dalam program *HEC-RAS ver 4.1*. Program *HEC-RAS ver 4.1* akan membantu menghitung kapasitas penampang Sungai Molompar. Selain menampilkan hasil perhitungan, *HEC-RAS ver 4.1* juga menampilkan bentuk penampang saluran, sehingga dapat diketahui bentuk penampang dan tinggi muka air di Sungai Molompar. Dari gambar tersebut dapat dilihat kapasitas tampungan Sungai Molompar sudah mencukupi atau belum. Pemodelan hidrolik dengan *HEC-RAS* dilakukan berdasarkan scenario kondisi eksisting Sungai Molompar Sepanjang 3926 m. yaitu dari STA 3+926 hingga STA 0+000 tepat di muara Sungai.

#### Input Model

Data – data yang digunakan sebagai input pada software *HEC-RAS* adalah sebagai berikut:

- a) Data geometri sungai, antara lain meliputi:
  - Koordinat skema sungai (X,Y)
  - Profil melintang sungai (jarak dan elevasi)
  - Jarak tiap profil melintang (tebing kiri dan tebing kanan)
  - Batas posisi palung sungai (tebing kiri dan tebing kanan)
  - Koefisien kekasaran manning (n) pada palung sungai, bantaran sungai sebelah kiri dan kanan
  - Rencana posisi tanggul sungai (jika ada)
  - Rencana posisi dan dimensi penampang melintang rencana untuk normalisasi sungai (jika ada)
- b) Data bangunan di sungai, seperti:
  - Data jembatan (posisi, lebar jembatan, jumlah dan dimensi pilar, penampang sungai bagian masuk dan keluar, koefisien debit dan koefisien kecepatan, dll)
  - Data bangunan gorong-gorong (jika ada)
  - Data bangunan bendung (jika ada)
- c) Data debit rencana pada titik-titik yang ditinjau dengan periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50 dan 100 tahun

- d) Dalam batas hulu dan hilir, dapat berupa: data *rating curve*, muka air sungai kondisi normal atau krisis, atn tinggi muka air pasang surut rencana.

### Hasil Pemodelan Hidrolika dengan *HEC-RAS*

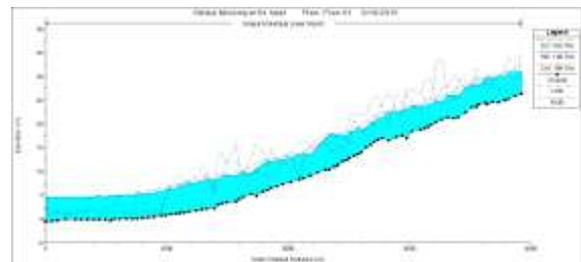
Pemodelan hidrolika dilakukan terhadap debit banjir dengan kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50 dan 100 tahun. Hasil pemodelan hidrolika yang ditampilkan disesuaikan dengan kondisi setiap potongan melintang. Hasil pemodelan oleh *HEC-RAS* disajikan secara visual seperti:

1. Profil memanjang sungai
2. Hasil simulasi 3 dimensi
3. Potongan melintang

Disamping itu, selain hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk visual program *HEC-RAS* juga dapat menyajikan hasil akhir pemodelan dalam bentuk tabelaris. Hasil - hasil secara mendetail disajikan pada potongan yang dianggap perlu.

### Tampilan Profil Memanjang Sungai Hasil Simulasi

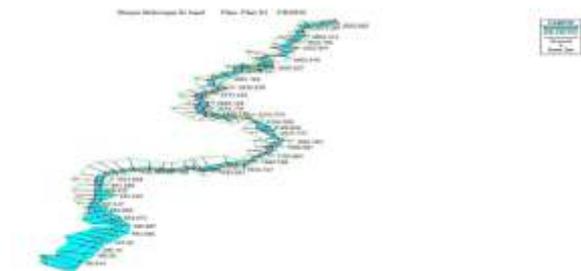
Gambar 4. Profil memanjang sungai hasil simulasi



Profil Memanjang Pada Kondisi Eksisting Untuk Debit Banjir 100 Tahun

### Tampilan Visual Hasil Simulasi 3 Dimensi

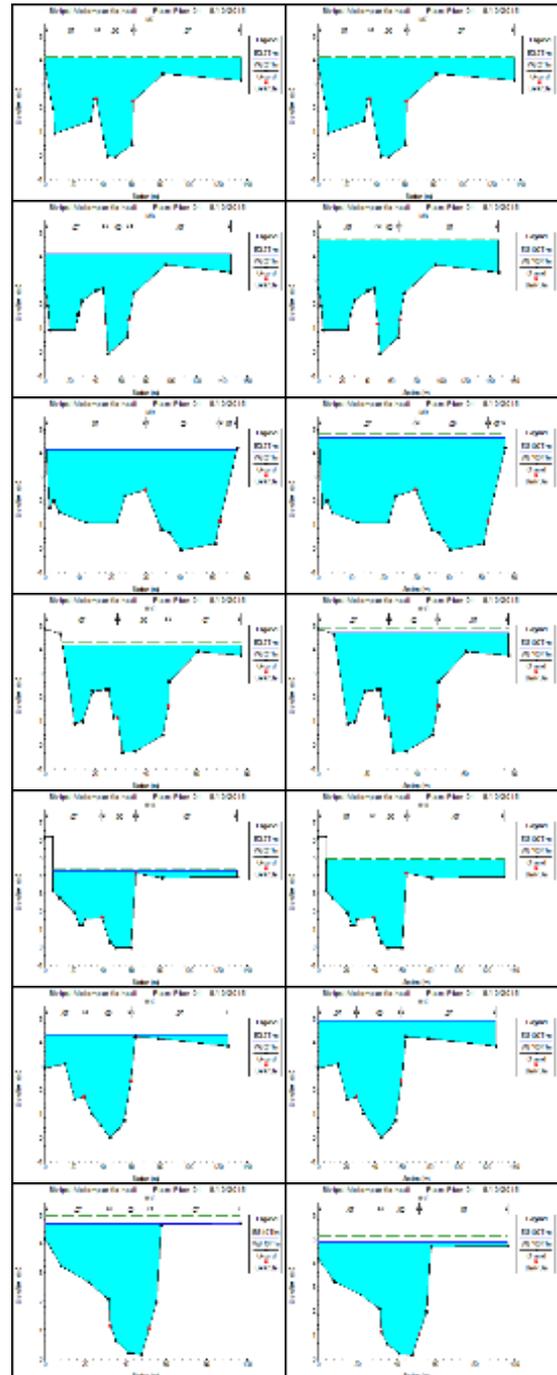
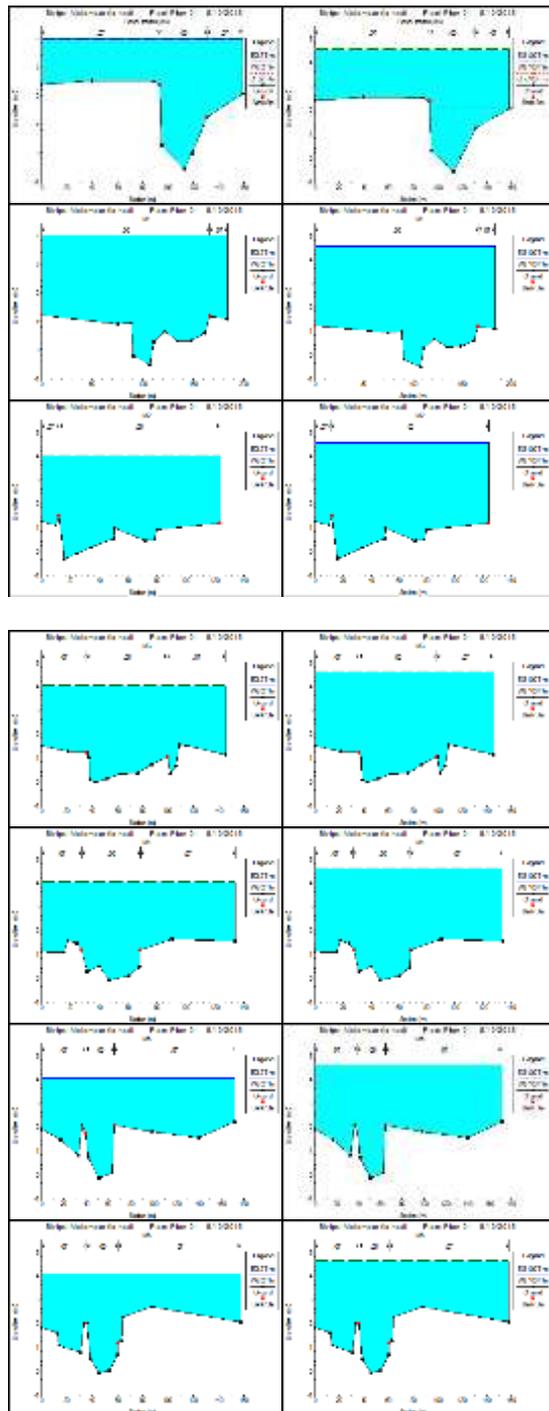
Gambar 5. Tampilan 3 dimensi sungai hasil simulasi



Tampilan Hasil Simulasi 3 dimensi Sungai Molompar Pada Kondisi Eksisting Untuk Debit Banjir 100 Tahun

**Tampilan Visual Hasil Simulasi Potongan Melintang**  
*Bagian Sungai Yang Mengalami Banjir*

**Gambar 6. Potongan melintang sungai hasil simulasi**



**PEMBAHASAN**

**Profil Muka Air Sungai Molompar**

Secara garis besar terlihat muka air sungai melampaui tanggul sungai mulai dari titik  $M_{13}$  (STA 0+664) hingga ke muara sungai di titik  $M_0$  (STA 0+000). Dari gambar-gambar pekerjaan melintang terlihat bahwa untuk semua potongan air sungai mulai melimpas sejak debit banjir rencana dengan kala ulang 2 tahun kecuali untuk potongan  $M_9$  (STA 0+494) dimana air sungai mulai melimpas

pada debit banjir rencana dengan kala ulang 5 tahun dan untuk potongan  $M_{13}$  (STA 0+664) dimana air sungai mulai melimpas pada debit banjir rencana dengan kala ulang 10 tahun.

Pada hampir semua potongan air melimpas di kedua sisi sungai kecuali pada potongan  $M_9$  (STA 0+494),  $M_{10}$  (STA 0+538) dan  $M_{11}$  (STA 0+564) air melimpas hanya pada sisi kanan sungai saja.

Meluapnya air sungai pada bagian muara sungai disebabkan oleh gradien kemiringan memanjang sungai pada bagian muara ini sangat kecil yang menyebabkan kecepatan aliran rendah sehingga dengan kecepatan yang rendah ini kapasitas penampang sungai tidak mampu mengaliri debit aliran.

### Sifat - Sifat Aliran

Hasil simulasi menunjukkan bahwa dari sepanjang segmen yang ditinjau (yang dilakukan simulasi dengan HEC – RAS) sifat alirannya adalah sub kritis untuk semua potongan kecuali  $M_{60}$  (STA 2+709) dan  $M_{80}$  (STA 3+574) tipe alirannya adalah super kritis. Hal ini ditunjukkan oleh bilangan Froude yang lebih kecil dari 1. Bahkan pada bagian segmen sungai yang melimpas, bilangan Froudenya sangat rendah yaitu lebih kecil dari 0,4. Hal ini disebabkan oleh gradien kemiringan memanjang sungai sangat kecil sebagaimana tipikal kondisi aliran sungai di muara.

### Gradien Kemiringan Memanjang dan Kecepatan Aliran

Hasil pemodelan hidrolika khususnya pada profil memanjang memperlihatkan bahwa pada bagian *upstream* dari segmen yang ditinjau gradien sungai tidak merata dan terjadi perubahan – perubahan pada gradien sungai, hal ini menunjukkan bahwa dasar sungai (*river bed*) ditutupi oleh material dengan gradasi yang bervariasi. Hal ini dapat dipahami mengingat pada bagian *upstream* ini gradien kemiringan memanjang sungai masih cukup besar, sehingga kecepatan aliran yang ditimbulkan masih cukup besar pula dan dapat membawa material batuan dengan dimensi yang cukup besar.

Kecepatan aliran yang terjadi pada bagian *upstream* ini rata-rata diatas 3 m/detik bahkan pada potongan-potongan tertentu mencapai lebih dari 5 m/detik dan ada satu potongan (STA 2+184) kecepatannya mencapai 6,48 m/detik.

Kecepatan aliran yang besar ini mengakibatkan adanya potensi pengikisan material dasar sungai yang besar pula dan menyebabkan material pembentuk dasar sungai terekspose. Adanya batuan-batuan yang berukuran besar pada beberapa tempat di dasar sungai yang terekspose dapat menahan laju erosi sehingga mengakibatkan gradien memanjang dasar sungai tidak merata.

Akan tetapi hal sebaliknya terjadi pada bagian *downstream*. Pada segmen ini, gradien kemiringan sungai justru sangat kecil sehingga kecepatan aliran yang terjadi juga sangat kecil. Sebagaimana ditunjukkan pada table 4.22 pada bagian *downstream* (dari STA 0+664) hingga ke muara kecepatan alirannya hampir seluruhnya kurang dari 2 m/detik bahkan ada yang hanya 0,44 m/detik (STA 0+054). Gradien dan kecepatan aliran yang sangat kecil ini menyebabkan air sungai Molompar pada bagian *downstream* meluap.

Kecepatan aliran yang sangat rendah pada bagian *downstream* yaitu pada segmen muara sungai Molompar memberikan kesempatan terjadinya proses deposisi / pengendapan sedimen yang terbawa dari bagian *upstream*. Hal ini makin memperkecil kapasitas penampang sungai Molompar, yang berarti menambah frekuensi terjadinya banjir.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Hasil analisis kapasitas penampang Sungai Molompar dengan *HEC-RAS* 4.1, didapat bahwa dari titik  $M_{13}$  hingga muara Sungai Molompar di titik  $M_0$  hampir semua titik tidak mampu menampung air mulai debit rencana 2 tahun, kecuali pada titik  $M_9$  yang mulai melimpas pada debit rencana 5 tahun dan titik  $M_{13}$  pada debit rencana 10 tahun.
2. Mulai titik  $M_{14}$  hingga  $M_{88}$  (hulu sungai), Sungai Molompar dapat menampung air hingga pada debit rencana 100 tahun.
3. Hampir semua titik pada bagian hilir Sungai Molompar dari titik  $M_{13}$  hingga muara Sungai Molompar melimpas pada kedua sisi sungai kecuali pada titik  $M_9$ ,  $M_{10}$ , dan  $M_{11}$  yang hanya melimpas pada sisi kanan sungai saja.

### Saran

Penelitian ini sebatas melakukan kajian terhadap profil muka air banjir, penelitian

lanjutan disarankan untuk dapat melakukan kajian terhadap sedimen yang terdapat di dalam Sungai Molompar dan melakukan

pengecekan kondisi tanah di sekitar Sungai Molompar.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Anonim, 2010. *Hydraulic Reference Manual Version 4.1*, U.S. Army Corps of Engineering, California. (Hal 2.1-2.13)

Anonim, 2010. *User's Manual Version 4.1*, U.S. Army Corps of Engineering, California. (Hal 3.1-3.15)

Chow, V.T. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta. (Hal 99-102)

Sosrodarsono, S. Kensaku T. 1987. *Hidrologi untuk pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta. (Hal. 145)

Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1*, PT.Nova, Bandung. (Hal 69-70, 99-158)