

Bidang Fokus/Unggulan : Kebencanaan
Fakultas : Teknik

LAPORAN AKHIR

RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT



APLIKASI PENENTUAN PROFIL ALIRAN AIR BANJIR AKIBAT PENGARUH PASANG SURUT DAN ALIRAN BERSEDIMEN DI MUARA SUNGAI

Ketua / Anggota Tim

Dr.Eng.Ir. Liany A. Hendratta, MSi	NIDN :0020036605
Ir.Isri R. Mangangka, Meng., PhD	NIDN :0024096505
Ir. Hanny Tangkudung, MT	NIDN: 0002045804

Mahasiswa

William S. M.Dethan	NIM : 16021101031
Tesalonika C. Lalamentik	NIM : 17021101074
Luciana Tulong	NIM : 17021101121

UNIVERSITAS SAM RATULANGI
November 2020

Dibiayai oleh:
Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Badan Layanan Umum
Universitas Sam Ratulangi
Nomor: SP DIPA - 023.17.2.677519/2020 tanggal 16 Maret 2020



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SAM RATULANGI
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Alamat : Kampus UNSRAT Manado Telp. (0431) 827560, Fax. (0431) 827560
Email: lppm@unsrat.ac.id Laman: <http://lppm.unsrat.ac.id>

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR RTUU

JUDUL KEGIATAN : APLIKASI PENENTUAN PROFIL ALIRAN AIR BANJIR AKIBAT PENGARUH PASANG SURUT DAN ALIRAN BERSEDIMEN DI MUARA SUNGAI

Ketua Peneliti

Nama Lengkap : LIANY AMELIA HENDRATTA
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi
NIP/NIK : 196603201991032001
NIDN : 0020036605
Jab.Fungsional : Lektor Kepala
Prodi / Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : TEKNIK
Nomor HP :
Alamat Email :
Usulan Biaya : Rp 51,000,000
Biaya Maksimum : Rp 51,000,000
Lama Penelitian : 6 bulan

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : HANNY TANGKUDUNG
NIP : 195804021989031002
NIDN : 0002045804
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Anggota Peneliti (2)

Nama Lengkap : ISRI RONALD MANGANGKA
NIP : 196509241993031003
NIDN : 0024096505
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Mahasiswa (1)

Nama Lengkap : WILLIAM S. M. DETHAN
NIM : 16021101031

Mahasiswa (2)

Nama Lengkap : TESALONIKA C. LALAMENTIK
NIM : 17021101074

Mahasiswa (3)

Nama Lengkap : LUCIANA TULONG
NIM : 17021101121

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik Unsrat



Prof. Dr. Ig. Fabian J. Manoppo, M.Agr
NIP/NIK 196210141992031001

Manado, 06 Desember 2020
Ketua Peneliti

LIANY AMELIA HENDRATTA
NIP/NIK 196603201991032001

Menyetujui
Ketua LPPM Universitas Sam Ratulangi



Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS
NIP/NIK 195910181986031002

RINGKASAN

Sungai Talawaan Bajo merupakan salah satu sungai di Kabupaten Minahasa Utara yang pernah meluap dan membanjiri beberapa daerah yang dilewati oleh sungai tersebut yang mengakibatkan kerugian bagi warga yang tinggal disekitar sungai maupun pengguna jalan raya. Secara teknis, terjadinya banjir di sekitar muara sungai sebagian besar disebabkan oleh adanya endapan sedimen terlarut bersama aliran air sungai dari daerah hulu, curah hujan yang tinggi serta pengaruh air balik (*back water*) yang terjadi pada saat pasang laut dalam kondisi tinggi. Pengaruh pasang air laut mengakibatkan pembendungan aliran air di bagian hilir (muara sungai) serta perambatan air banjir ke bagian hulu sungai. Seberapa jauh pengaruh perambatan air banjir serta bagaimana profil aliran air akibat pengaruh pasang air laut tertinggi dan aliran bersedimen yang sangat membahayakan pemukiman masyarakat di sekitar muara masih menjadi permasalahan yang perlu diteliti lebih lanjut.

Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari pos hujan Talawaan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2009 sampai 2018. Setelah didapat besar hujan, pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services*, dan untuk kehilangan air dengan SCS *Curve Number (CN)*. Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan program komputer HEC-HMS. Dalam kalibrasi ini, parameter yang akan dikalibrasi adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow* dan *ratio to peak*. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Hasil kalibrasi menunjukkan nilai *Nash Sutcliffe Efficiency* yang memenuhi yaitu 0,523. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak HEC-RAS untuk melakukan penelusuran aliran dengan pemodelan aliran permanen (*steady flow*) dengan menggunakan debit banjir kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun sebagai *boundary condition* di sebelah hulu dan *boundary condition* sebelah hilir adalah tinggi muka air pasang tertinggi. Hasil perhitungan dibandingkan dengan analisis yang menggunakan Metode Tahapan Standar.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa luapan cenderung terjadi kearah bantaran kanan sungai. Penampang sungai Talawaan Bajo yang ditinjau pada kondisi tanpa pasang surut untuk kala ulang 5 tahun, mulai STA 0+45 dan seterusnya kearah hulu sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Sedangkan untuk kala ulang 100 tahun mulai penampang STA 0+25 sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Hasil simulasi pada kondisi dengan pengaruh pasang surut, untuk semua kala ulang semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Tinggi muka air tertinggi dengan kenaikan muka air banjir (luapan) berkisar 0,01–0,96 meter pada kondisi dengan pengaruh pasang surut. Tinggi muka air banjir dan profil muka aliran yang dianalisis dengan HEC-RAS ditinjau kembali dengan menggunakan Metode Tahapan Standart dan diperoleh hasil yaitu presentase perbedaan tinggi profil muka air yang dianalisis dengan metode tahapan standart memiliki selisih yang sangat kecil dengan hasil analisis program HEC-RAS. Uraian diatas menunjukkan bahwa metode tahapan standart dapat menggantikan penggunaan program HEC-RAS dalam menganalisis profil muka air.

Kata kunci : Profil aliran banjir, Pasang surut, HEC-HMS, HEC-RAS, Metode tahapan standar

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus karena hanya dengan anugerah dan kasih karunia-Nya sehingga Tim Pelaksana Riset Terapan Unggulan Universitas dapat melaksanakan penelitian yang berjudul : Aplikasi Penentuan Profil Aliran Air Banjir Akibat Pengaruh Pasang Surut dan Aliran Bersedimen Di Muara Sungai.

Kegiatan ini dilaksanakan untuk membantu menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan air yang berujung pada kerusakan lingkungan. Hal ini disebabkan antara lain, meningkatnya aktivitas kehidupan manusia dan makin berkurangnya lahan hijau yang berdampak pada berkurangnya daerah resapan air mengakibatkan peningkatan kuantitas air hujan.

Sebagai salah satu program kegiatan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Sam Ratulangi, maka diharapkan hasil dari kegiatan penelitian ini dapat bermanfaat khususnya kepada masyarakat di sekitar Sungai Talawaan Bajo, Minahasa Utara. Selain itu, diharapkan hasil kegiatan ini dapat diimplementasi dan digunakan sebagai acuan untuk dapat melanjutkan kegiatan serupa.

Dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini, kami sebagai Tim pelaksana banyak mendapat masukan dari masyarakat sekitar Sungai Talawaan Bajo dan beberapa instansi terkait. Untuk itu kami Tim Pelaksana penelitian menghaturkan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya. Ungkapan syukur terima kasih juga kami sampaikan kepada Universitas Sam Ratulangi yang sudah membiayai seluruh kegiatan penelitian ini. Semoga hasil kegiatan ini dapat bermanfaat bagi masyarakat banyak

Manado, November 2020
Ketua Pelaksana,

Dr.Eng. Ir. Liany A. Hendratta, MSi

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
RINGKASAN	
PRAKATA	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR LAMPIRAN	ii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	50
BAB 4. METODE PENELITIAN	51
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	54
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	114
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
Lampiran 1. Surat tugas penelitian	
Lampiran 2. Foto-Foto Kegiatan Penelitian	
Lampiran 3. Bukti Fisik Luaran Penelitian RTUU: HKI (Hak Cipta)	

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat tugas penelitian

Lampiran 2. Foto-Foto Kegiatan Penelitian

Lampiran 3. Bukti Fisik Luaran Penelitian RTUU: HKI (Hak Cipta)

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai terbentuk secara alamiah dan berfungsi untuk menampung air hujan yang turun di atas permukaan bumi dan mengalirkannya kelaut atau kedanau-danau. Saat terjadi hujan lebat yang membawa sedimen terlarut dengan konsentrasi yang tinggi menjadikan sungai tidak dapat menampung volume air yang besar sehingga meluap dan mengakibatkan banjir yang dapat menimbulkan kerusakan terhadap harta benda dan kehilangan nyawa manusia.

Sungai Talawaan Bajo adalah salah satu sungai di Provinsi Sulawesi Utara yang pernah meluap sehingga masyarakat disekitarnya muara sungai mengalami kerugian besar. Hal itu merupakan permasalahan yang cukup serius dan memerlukan perhatian khusus dari berbagai pihak untuk segera dicarikan jalan penyelesaiannya. Beberapa permasalahan pokok yang menyebabkan terjadinya banjir di sekitar muara Sungai Talawaan Bajo sebagian besar disebabkan oleh adanya endapan akibat mengalirnya air dengan konsentrasi sedimen terlarut yang tinggi dari daerah hulu, curah hujan yang tinggi serta pengaruh air balik (back water) yang terjadi pada saat pasang laut dalam kondisi tinggi. Pengaruh pasang air laut ini mengakibatkan pembendungan aliran air di bagian hilir serta perambatan air banjir ke bagian hulu sungai. Seberapa jauh pengaruh perambatan air banjir serta bagaimana profil aliran air akibat pengaruh pasang air laut tertinggi dan aliran bersedimen yang sangat membahayakan pemukiman masyarakat di sekitar muara menjadi issue kajian dalam penelitian ini.

Salah satu bidang riset unggulan yang menjadi prioritas Universitas Sam Ratulangi adalah “manajemen penanggulangan kebencanaan dan lingkungan”. Hal ini berkaitan dengan isu strategis daerah Sulawesi Utara sebagai wilayah rawan bencana hidrometeorologi, geologis dan ekologis yang membutuhkan kebijakan, infrastruktur dan kesiapan masyarakat terhadap penanggulangan bencana. Berdasarkan isu tersebut di atas maka diperlukan topik riset yang berkaitan dengan pengembangan sistem/metode yang aplikatif untuk penguatan masyarakat yang tanggap bencana banjir.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode hasil penelitian laboratorium sebelumnya yang ditindaklanjuti dengan pembuatan aplikasi program komputer agar dapat menganalisis kondisi luapan dan profil aliran air banjir pada setiap titik di sekitar muara sungai disaat terjadi debit banjir yang membawa aliran bersedimen dan pengaruh air balik (back water) akibat pasang surut air laut.

1.3 Urgensi Penelitian

Penelitian ini perlu dilakukan untuk memberikan kontribusi yang signifikan dan dapat diterapkannya metode/desain penanggulangan genangan air banjir berwawasan lingkungan. Secara khusus urgensi penelitian ini adalah memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan bidang pengembangan sumber daya air yaitu hasil nyata berupa produk aplikasi program komputer untuk menganalisis profil aliran air banjir dengan tujuan perbaikan kualitas lingkungan. Adapun rencana target capaian tahunan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Rencana Target Capaian Tahunan

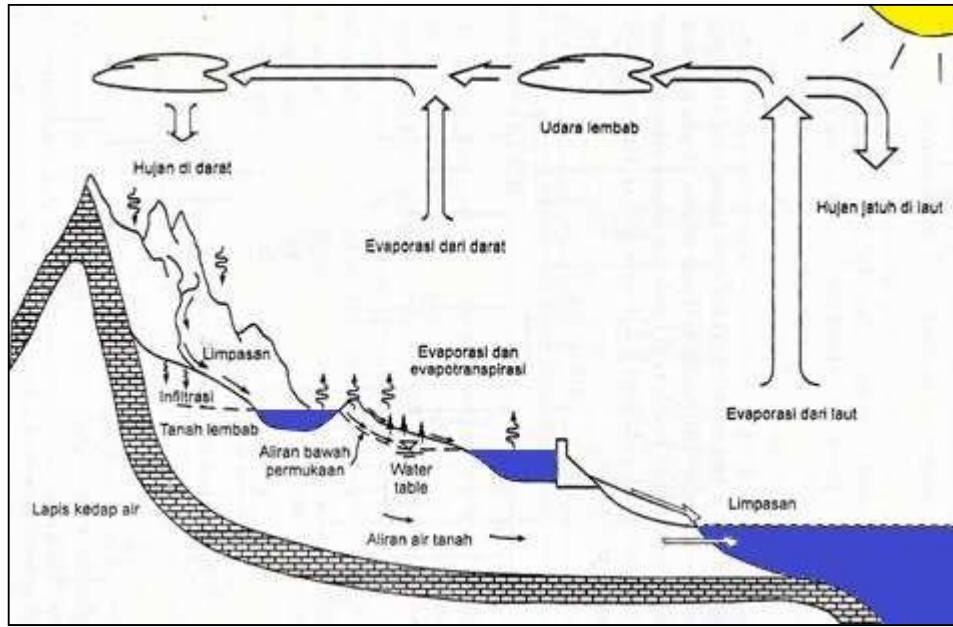
No.	Jenis Luaran		Indikator Capaian
1	Publikasi ilmiah	Internasional	
		Nasional Terakreditasi	
2	Pemakalah dalam temu ilmiah	Internasional	
		Nasional	Selesai
3	<i>Invited speaker</i> dalam temu ilmiah	Internasional	
		Nasional	
4	<i>Visiting Lecturer</i>	Internasional	
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten	
		Paten sederhana	
		Hak Cipta	granted
		Merek dagang	
		Rahasia dagang	
		Desain Produk Industri	
		Indikasi Geografis	
		Perlindungan Varietas Tanaman	
Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu			

6	Teknologi Tepat Guna	
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya Seni/Rekayasa Sosial	
8	Buku Ajar (ISBN)	Cetak
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)	4

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Siklus Hidrologi



Sumber: "Bambang Triatmodjo; 2008".

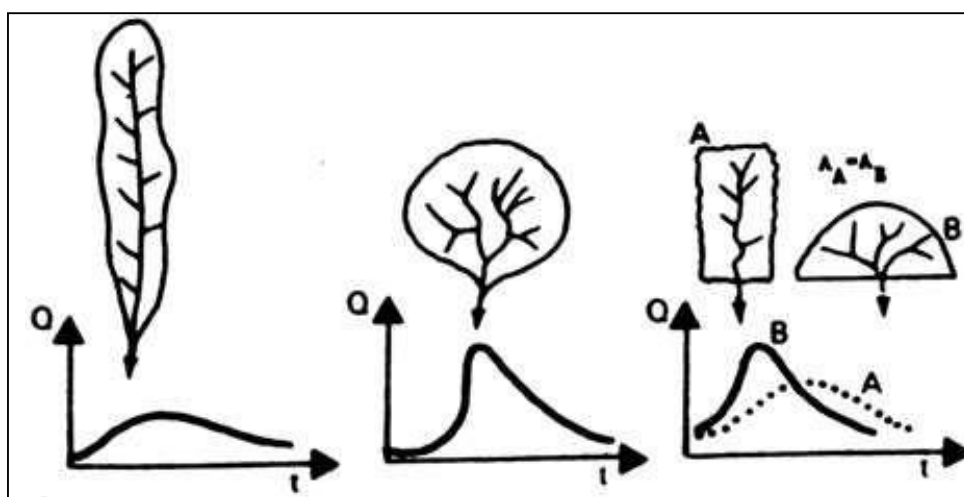
Gambar 1. Siklus Hidrologi

Proses kontinyu dari air yang bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi disebut juga siklus hidrologi. Air yang berada di permukaan tanah, laut, dan tumbuhan akan menguap ke udara (evapotranspirasi) yang disebabkan oleh panasnya matahari. Uap air akan bergerak dan naik ke atmosfer kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air membentuk awan. Titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan (presipitasi). Hujan yang jatuh sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan sebagiannya akan sampai ke permukaan tanah. Sebagian air yang jatuh ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian akan mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah

(perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai sampai ke laut.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau.



Sumber: "Meruntu Philips; 2019".

Gambar 2. Sketsa Pengaruh Bentuk DAS Terhadap Bentuk Hidrograf Alirannya.

Pola sungai akan menentukan bentuk dari suatu Daerah Aliran Sungai, bentuk suatu DAS mempunyai arti penting dalam hubungannya dengan aliran sungai, yaitu berpengaruh terhadap kecepatan terpusatnya aliran. Secara fisik setelah batas DAS ditentukan garis batasnya, maka bentuk DAS dapat diketahui. Umumnya bentuk DAS dapat dibedakan menjadi 4 (empat) bentuk yaitu aliran sungai berbentuk memanjang, radial, paralel dan kompleks.

a) Daerah aliran sungai berbentuk memanjang.

Susunan sungai induk dengan anak-anak sungai semacam bulu ayam yang terdiri dari batang, cabang, dan ranting. Susunan induk ibarat batangnya, dahan ibarat anak cabang besar dan ranting merupakan anaknya cabang sungai.

b) Daerah aliran sungai berbentuk radial.

Susunan sungai berbentuk radial yaitu anak-anak sungai yang mengalir dari segala penjuru menuju ketitik pusat dan mengalir ke laut. Sebagai akibat dari bentuk tersebut maka waktu yang diperlukan aliran yang datang dari segala penjuru anak sungai memerlukan waktu yang hampir bersamaan. Apabila terjadi hujan yang sifatnya merata di seluruh DAS akan menyebabkan terjadinya banjir besar.

c) Daerah aliran sungai berbentuk paralel.

Susunan sungai tipe paralel yaitu cabang-cabang besar mengalir paralel (sejajar) kemudian setelah mendekati muara mereka bertemu dan berkumpul menjadi sungai induk.

d) Daerah aliran sungai berbentuk kompleks.

Merupakan bentuk kejadian gabungan dari beberapa bentuk DAS yang dijelaskan sebelumnya.

Karakteristik Sungai

Bagian hulu merupakan daerah sumber erosi karena pada umumnya alur sungai melalui daerah pegunungan, perbukitan atau lereng gunung api yang kadang – kadang mempunyai cukup ketinggian dari muka laut.

Bagian tengah merupakan daerah peralihan dari bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungai lebih landai sehingga kecepatan aliran relatif lebih kecil dari pada bagian hulu.

Bagian hilir biasanya melalui daerah pendataran yang terbentuk dari endapan pasir halus sampai kasar, lumpur, endapan organik dan jenis endapan lainnya yang sangat labil.

Morfometri daerah aliran sungai adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan keadaan jaringan alur sungai secara kuantitatif, keadaan yang dimaksud untuk analisa aliran sungai. Secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

a) Luas

Garis batas antara DAS adalah punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan ke masing-masing DAS. Garis batas tersebut ditentukan berdasarkan perubahan kontur dari peta topografi sedangkan luas

DAS-nya dapat diukur dengan Planimeter. Skala peta yang digunakan akan mempengaruhi ketelitian perhitungan luasnya. Sebagai contoh skala peta 1 : 250.000 dengan interval kontur 50 m dapat memberikan hasil yang teliti jika luasnya lebih dari 40 Km², dengan kesalahan yang diizinkan sekitar 5%. Dengan demikian semakin kecil DAS yang dihitung diperlukan peta topografi dengan skala semakin besar.

Tabel 1. Batasan Penggunaan Peta Topografi untuk Menghitung Luas DAS

Skala Peta	Luas DAS Minimal (Km ²)	Interval Kontur (m)
1 : 250.000	40	50
1 : 250.000	25	40
1 : 100.000	7	25
1 : 50.000	1,6	25
1 : 25.000	0,4	12,5
1 : 20.000	0,25	10
1 : 10.000	0,07	5

Sumber: "Meruntu Philips; 2019".

Di Indonesia pengukuran luas dari suatu DAS kadang – kadang sulit dilakukan karena adanya jaringan irigasi yang masuk atau keluar dari suatu DAS. Dengan demikian penentuan batas harus dilakukan oleh seorang hidrolog yang paham bentuk tentang lokasi DAS yang dimaksud.

Apabila dalam suatu DAS volume aliran total untuk periode satu tahun terutama disebabkan oleh volume banjir, sedangkan volume aliran yang keluar atau masuk saluran irigasi lebih kecil, maka batas DAS tersebut cukup ditentukan berdasarkan batas alami saja. Data luas DAS sangat berguna dalam analisa data aliran sungai, misalnya saja perhitungan tinggi aliran tebal sedimen dan sebagainya.

b) Panjang dan Lebar.

Panjang DAS adalah sama dengan jarak datar dari muara sungai ke arah hulu sepanjang sungai induk. Lebar DAS dihitung berdasarkan luas DAS dibagi panjangnya.

c) Orde dan Tingkat Percabangan Sungai.

Alur sungai di dalam suatu DAS dapat dibagi dalam beberapa orde sungai. Orde sungai ditetapkan berdasarkan alur dan posisinya. Strahler (1952, dalam Thompson, 1999) menetapkan anak sungai paling ujung sebagai sungai orde satu. Apabila dua alur dengan orde yang sama bergabung, maka orde alur di bawah percabangan tersebut meningkat satu orde. Apabila sebuah sungai dengan suatu orde bertemu dengan sungai yang mempunyai orde lebih rendah maka orde sungai pertama tidak berubah.

Jenis Sungai

Pada bagian dari sungai, sesungguhnya dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian yang dipengaruhi oleh pasang surut dan tidak dipengaruhi oleh pasang surut. Bagian sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut terletak pada hilir sungai, dan bagian yang tidak dipengaruhi pada pasang surut air laut terletak pada bagian hulu sungai. Dilihat dari pengaruh pasang surut, jenis sungai dibagi menjadi dua, yaitu sungai non-pasang surut dan sungai pasang surut.

a. Sungai non-pasang surut

Sungai non-pasang surut merupakan sungai yang ketinggian airnya tidak dipengaruhi oleh gaya pasang surut. Sungai non-pasang surut biasanya terletak pada daerah hulu sungai. Hulu sungai merupakan bagian dari sungai yang letaknya paling awal atau paling tinggi. Topografi pada daerah hulu biasanya terdiri dari lereng-lereng pegunungan yang curam dan kondisi geologinya terdiri dari lapisan batuan dasar yang keras. Lembah dari bagian atas hulu sungai berbentuk V, dan memiliki rangkaian jeram-jeram aliran yang deras sehingga disebut alur jeram, atau *rapids river*. Pada sungai nonpasang surut ketinggian

muka airnya sangat dipengaruhi oleh besarnya debit air yang mengalir pada sungai tersebut.

b. Sungai pasang surut

Selalu terjadi perubahan periodik pada ketinggian muka air dari sungai di bagian hilir, karena pengaruh dari pasang surut. Air yang berasal dari laut, akan memasuki sungai pada saat pasang naik atau yang disebut *flood tide*, dan akan mengalir kembali ke laut pada saat waktu surut, atau *ebb tide*. Bagian dari sungai pasang surut ini akan mempunyai debit air yang berubah-ubah sesuai dengan musim yang berlaku, dan sangat tergantung pada debit air yang ada pada bagian hulu sungai.

Selain itu, faktor lainnya yang berpengaruh dalam pasang surut pada sungai adalah interaksi gaya gravitasi bumi dengan gaya gravitasi bulan dan matahari. Namun pengaruh dari gaya gravitasi bulan lebih besar karena posisi bulan yang lebih dekat dengan bumi. Dikenal dua macam ketinggian pasang yaitu:

1. Pasang purnama atau yang disebut dengan *spring tide* yang terjadi karena superposisi gaya gravitasi bumi dan bulan pada saat purnama terhadap air laut sebagai ketinggian pasang maksimum.
2. Pasang perbani atau disebut dengan *neap tide* yang terjadi karena superposisi gaya gravitasi bumi dan bulan terhadap air laut pada kedudukan bulan perbani sebagai ketinggian pasang minimum.

Siklus dari pasang surut dapat terjadi,

1. Terjadi satu kali dalam 24 jam yang disebut *diurnal tide*. Jenis dari pasang surut ini biasanya memiliki amplitudo yang tidak terlalu besar. Jenis pasang surut dari *diurnal* biasanya terjadi pada wilayah pantai yang berbatasan dengan laut yang tidak terlalu luas seperti laut Jawa, laut Karibia, dan lain-lain.

2. Terjadi dua kali dalam 24 jam yang disebut *semi-diurnal*. Jenis dari pasang surut ini biasanya memiliki amplitudo yang cukup besar. Jenis pasang surut dari *semi-diurnal* ini biasanya terjadi pada wilayah pantai yang berbatasan langsung dengan samudera, seperti samudera hindia, atlantik, dan pasifik.

Pasang astronomis akan menjalar ke bagian hilir dari sungai dan mempengaruhi perubahan kedudukan muka air di bagian sungai itu. Bersamaan dengan variasi debit yang datang dari hulu sungai, panjang jarak pengaruh air pasang ke arah hulu dapat dijelaskan sebagai berikut, pada saat debit dari hulu sungai minimum, maka pengaruh pasang dari laut akan maksimum, sedangkan apabila terjadi debit besar dari hulu, maka pengaruh pasang akan minimum. Jauhnya jarak dari pengaruh pasang naik, disebut *tidal reach*. Untuk debit air tertentu dari hulu sungai, maka *tidal reach* dibagi menjadi tiga daerah yaitu,

- 1) Daerah dimana terjadi penyusupan atau *intrusi* air asin, terdapat dua arah aliran pada ruas ini.
- 2) Daerah pertemuan antara pengaruh pasang dan debit sungai dari hulu.
- 3) Daerah dengan arah aliran tetap ke arah hilir, tetapi dengan kecepatan yang berubah sesuai dengan siklus pasang. Semakin tinggi pasang, maka semakin rendah kecepatannya.

2.2 Curah Hujan Rencana.

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan merupakan penyelidikan awal data curah hujan sebelum diolah untuk digunakan pada analisis selanjutnya. Dalam analisis curah hujan diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan.

Curah hujan rata – rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran dapat dihitung dengan metode *Polygon Thiessen*. Metode ini dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang dianggap mewakili.

Curah hujan rata – rata dengan cara *Polygon Thiessen* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

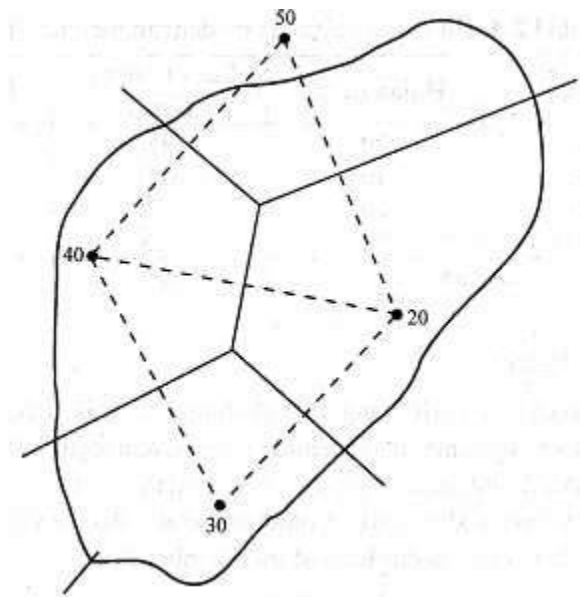
dengan:

\bar{R} = Curah hujan rata – rata

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik – titik pengamatan.

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili tiap stasiun pengamatan.

Dalam metode poligon thiessen, curah hujan rata-rata didapatkan dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian setiap stasiun penakar hujan akan terletak pada suatu wilayah poligon tertutup luas tertentu. Jumlah perkalian antara tiap-tiap luas poligon dengan besar curah hujan di stasiun dalam poligon tersebut dibagi dengan luas daerah seluruh DAS akan menghasilkan nilai curah hujan rata-rata DAS. Metode ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas.



Sumber: "Bambang Triatmodjo; 2008".

Gambar 3. Menghitung Curah Hujan Rata – Rata Dengan *Polygon Thiessen*

Analisis Frekuensi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi seperti : curah hujan, temperatur, penguapan, debit sungai dan lain sebagainya yang akan selalu berubah menurut waktu. Komponen data hidrologi dapat disusun dalam bentuk daftar atau tabel, Suwarno (1991).

Ilmu statistika telah umum untuk menyatakan komponen keterangan atau fakta dari suatu fenomena yang biasanya berbentuk angka yang disusun dalam tabel dan atau diagram. Dan sembarang nilai yang menjelaskan ciri susunan data disebut dengan parameter. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari sebuah variabel disebut dengan parameter statistik.

Dalam sistem hidrologi, ada waktu – waktu terjadinya kejadian ekstrim seperti hujan badai, banjir, dan kekeringan. Besarnya kejadian ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya. Bencana yang sangat parah cenderung jarang terjadi dibandingkan dengan bencana yang tidak terlalu parah. Tujuan

Analisis frekuensi adalah untuk mengetahui besarnya suatu kejadian dan frekuensi atau periode ulang kejadian tersebut dengan menggunakan distribusi probabilitas.

Analisis Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Uji data *outlier* gunanya untuk mencari data curah hujan yang ada, apakah ada data yang menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Berikut ini adalah syarat untuk pengujian data *outlier* berdasarkan koefisien *skewness* ($C_{S_{\log}}$).

1. Jika $C_{S_{\log}} > 0,4$, maka : uji data *outlier* tinggi, koreksi data, uji data outlier rendah, koreksi data.
2. Jika $C_{S_{\log}} < -0,4$, maka : uji data *outlier* rendah, koreksi data, uji data *outlier* tinggi, koreksi data.
3. Jika $-0,4 \leq C_{S_{\log}} \leq 0,4$, maka : uji data *outlier* tinggi dan rendah, koreksi data. Rumus yang digunakan:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (2)$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$C_{S_{\log}} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (4)$$

•0

$$\text{utlier tinggi: } \text{Log } x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{\log} \quad (5)$$

•0

$$\text{utlier rendah: } \text{Log } x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{\log} \quad (6)$$

dengan:

$C_{S_{\log}}$ = Koefisien kemencengan dalam log.

S_{\log} = Simpangan baku.

- $\overline{\log x}$ = Nilai rata – rata.
- Kn = Nilai K (diambil dari *outlier test K value*) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.
- $\text{Log } x_h$ = *Outlier* tinggi.
- $\text{Log } x_l$ = *Outlier* rendah.
- n = Jumlah data.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk nilai Cs_{\log} lebih dari 0,4:

$$Kn = (-0,62201) + (6,28446 \times N^{1/4}) - (2,49835 \times N^{1/2}) + (0,491436 \times N^{3/4}) - (0,037911 \times N)$$

..... (7)

Untuk nilai Cs_{\log} kurang dari -0,4:

$$Kn = (-3,62201) + (6,28446 \times n^{1/4}) - (2,49835 \times n^{1/2}) + (0,491436 \times n^{3/4}) - (0,037911 \times n)$$

..... (8)

Parameter Statistik

Untuk menyelidiki susunan data kuantitatif dari sebuah variabel statistik, maka akan sangat membantu apabila kita mendefinisikan ukuran – ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data (Soewarno). Parameter – parameter yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

a) Rata – rata Hitung (*Mean*)

Mean adalah harga rata-rata dari suatu variabel. Harga ini hanya dapat digunakan secara menguntungkan bila sampel terdiri dari sejumlah observasi yang tidak terlalu besar.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (9)$$

dengan:

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

b) Simpangan Baku (Standar Deviasi)

Standar deviasi atau simpangan baku adalah suatu nilai pengukuran dispersi terhadap data yang dikumpulkan. Untuk data yang kurang dari 100 digunakan rumus Fisher dan Wicks dalam menghitung standar deviasi.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (10)$$

dengan:

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

c) Koefisien *Skewness* (Kemencengan).

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot s^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (11)$$

dengan:

Cs = Koefisien kemencengan.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

d) Koefisien Variasi

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Semakin besar nilai variasi berarti datanya kurang merata, semakin kecil berarti data tersebut semakin merata.

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (12)$$

dengan:

Cv = Koefisien variasi.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

e) Koefisien Kurtosis.

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi.

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (13)$$

dengan:

Ck = Koefisien kurtosis.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

Distribusi Probabilitas

Analisis distribusi peluang adalah menentukan besaran variabel hidrologi pada periode ulang tertentu. Analisis curah hujan yang ada harus sesuai dengan tipe distribusi datanya. Metode-metode distribusi yang umumnya dipakai adalah :

a) **Distribusi Normal**

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss.

Persamaan distribusi normal:

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad (14)$$

dengan:

X = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besaran peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu.

\bar{X} = Nilai rata – rata hitung.

k = Karakteristik dari distribusi normal.

S = Standar deviasi.

b) **Distribusi Log Normal**

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu yang mengubah nilai varian **X** menjadi nilai logaritmik varian **X**. Persamaan transformasi distribusi log normal dua parameter adalah:

$$\log X = \overline{\log X} + k \cdot S_{\log} \quad (15)$$

dengan:

log X = Nilai varian X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu.

$\overline{\log X}$ = Rata – rata nilai X hasil pengamatan.

k = Karakteristik dari distribusi log normal.

$S_{\log X}$ = Standar deviasi logaritmik nilai X hasil pengamatan.

c) Distribusi Gumbel

Tipe distribusi ini umumnya digunakan untuk analisis data maksimum.

Persamaan distribusi Gumbel tipe I:

$$X = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y - Y_n) \quad (16)$$

dengan:

X = Nilai varian yang diharapkan terjadi.

\bar{X} = Nilai rata – rata hitung varian.

Y = Nilai reduksi varian dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.

Y_n = Nilai rata – rata dari reduksi varian, nilainya tergantung dari jumlah data (n).

S = Standar deviasi.

S_n = Standar deviasi dari reduksi varian, nilainya tergantung dari jumlah data (n).

d) Distribusi Log Pearson Tipe III

Bentuk distribusi log pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

Persamaan distribusi log Pearson Tipe III:

$$\log X = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X} \quad (17)$$

dengan:

$\log X$ = Nilai varian X yang diharapkan terjadi pada peluang atau

periode ulang tertentu.

$\overline{\log X}$ = Rata – rata nilai X hasil pengamatan.

$K_{TR,CS}$ = Karakteristik dari distribusi Log Pearson Tipe III.

$S_{\log X}$ = Standar deviasi logaritmik nilai X hasil pengamatan.

c. Pemilihan Tipe Distribusi

Setiap tipe distribusi memiliki sifat yang khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat masing-masing tipe distribusi tersebut. Tipe distribusi yang sesuai dapat diketahui berdasarkan parameter-parameter statistik data pengamatan. Hal ini dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap syarat batas parameter statistik tiap distribusi dengan parameter data pengamatan.

Secara teoritis langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan. Parameter-parameter yang dilakukan adalah C_s, C_v , dan C_k . Kriteria pemilihan untuk tipe-tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Normal

$$C_s \approx 0 ; C_k \approx 3$$

2. Distribusi Log-Normal

$$C_s \approx C_v^3 + 3 C_v$$

$$C_k \approx C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$$

3. Distribusi Gumbel

$$C_s \approx 1,14$$

$$C_k \approx 5,40$$

4. Bila Kriteria 3 (tiga) sebaran diatas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Person III.

Hujan Efektif

The Soil Conservation Service (SCS, 1972, dalam Chow 1988) telah mengembangkan metode untuk menghitung hujan efektif dari hujan deras, dalam bentuk persamaan berikut:

$$P_e = \frac{(P-0,2 S)^2}{P+0,8 S} \quad (18)$$

Dengan:

- P_e = Kedalaman hujan efektif (mm).
 P = Kedalaman hujan (mm).
 S = Retensi potensial maksimum air oleh tanah, yang sebagian besar adalah karena infiltrasi.

Persamaan (19) merupakan persamaan dasar untuk menghitung kedalaman hujan efektif. Retensi potensial maksimum mempunyai bentuk berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (19)$$

Dengan CN adalah *Curve Number* yang merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tata guna lahan, kelembaman dan cara pengerjaan tanah. Berikut adalah Tabel Nilai CN untuk berbagai kebutuhan.

Tabel 2. Nilai CN untuk Beberapa Tata Guna Lahan

Jenis Tata guna tanah	Tipe Tanah			
	A	B	C	D
Tanah yang diolah dan ditanami				
- dengan konservasi	72	81	88	91
- tanpa konservasi	62	71	78	81
Padang rumput				
- kondisi jelek	68	79	86	89
- kondisi baik	39	61	74	80
Padang rumput: kondisi baik	30	58	71	78
Hutan - tanaman jarang, penutupan jelek	45	66	77	83
- penutupan baik	25	55	70	77
Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb				
- kondisi baik: rumput menutup 75% atau lebih luasan	39	61	74	80
- kondisi sedang: rumput menutup 50% - 75% luasan	49	69	79	84
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	89	92	94	95
Daerah industri (72% kedap air)	81	88	91	93
Pemukiman				
Luas % kedap air				
1/8 acre atau kurang 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Tempat parkir, atap, jalan mobil (dihalaman)	98	98	98	98
Jalan				
- Perkerasan dengan drainasi	98	98	98	98
- kerikil	76	85	89	91
- tanah	72	82	87	89

Catatan 1 acre = 0,4047 ha

Sumber: "Bambang Triatmodjo; 2008"

Jenis tanah sangat berpengaruh terhadap nilai hujan efektif. Jenis tanah dibagi dalam empat kelompok yaitu:

- A : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan rendah, mempunyai laju infiltrasi tinggi. Terutama untuk tanah pasir (*deep sand*) dengan *silty* dan *clay* sangat sedikit; Juga kerikil (*gravel*) yang sangat lulus air.
- B : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak rendah, laju infiltrasi sedang. Tanah berbutir sedang (*sandy soils*) dengan laju meloloskan air sedang.
- C : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak tinggi, laju infiltrasi lambat jika tanah tersebut sepenuhnya basah. Tanah berbutir sedang sampai halus (*clay* dan *coloids*) dengan laju meloloskan air lambat.
- D : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai laju infiltrasi sangat lambat. Terutama tanah liat (*clay*) dengan daya kembang (*swelling*) tinggi, tanah dengan muka air tanah permanen tinggi, tanah dengan lapis lempung di dekat permukaan dan tanah yang dilapisi dengan bahan kedap air. Tanah ini mempunyai laju meloloskan air sangat lambat.

Tabel berikut memberikan klasifikasi tanah untuk berbagai jenis tanah, dalam tabel tersebut juga diberikan perkiraan laju infiltrasi minimumnya.

Tabel 3. Klasifikasi Tanah Secara Hidrologi Berdasar Tekstur Tanah

Tekstur tanah	Laju Infiltrasi Minimum (fc)(mm/jam)	Pengelompokan Tanah Secara Hidrologi
Sand	210	A
Loamy Sand	61	A
Sandy loam	26	B
Loam	13	B
Silty loam	6,9	C
Sandy clay loam	4,3	C
Silty clay loam	2,3	D
Clay loam	1,5	D
Sandy clay	1,3	D
Silty clay	1,0	D
Clay	0,5	D

Sumber: "Bambang Triatmodjo; 2008"

2.3 Pasang Surut

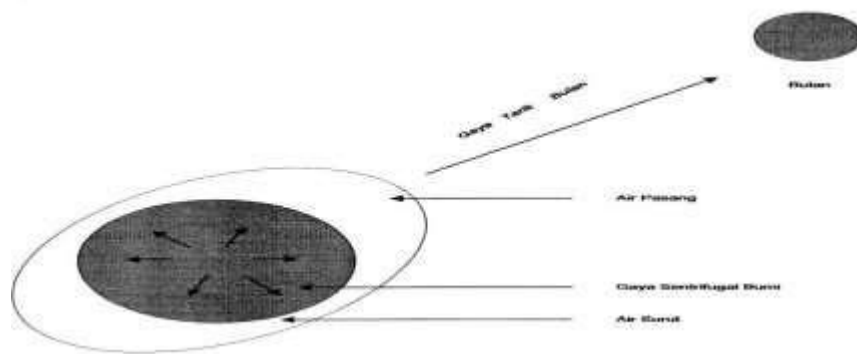
Pasang surut air laut adalah suatu gejala fisik yang selalu berulang dengan periode tertentu dan pengaruhnya dapat dirasakan sampai jauh masuk kearah hulu dari muara sungai. Pasang surut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Campuran antara air asin dan air tawar dari suatu muara sungai diakibatkan oleh gerakan arus pasang surut. (Jansen, 2016)

Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi.

Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (bulge) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari.

1. Pembangkit Pasang Surut

Gaya-gaya pembangkit pasang surut ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari. Penjelasan terjadinya pasang surut dilakukan hanya dengan memandang suatu sistem bumi-bulan : sedang sistem bumi-matahari penjelasannya adalah identik. Dalam penjelasan ini dianggap bahwa permukaan bumi, yang apabila tanpa pengaruh gaya tarik bulan, tertutup secara merata oleh laut (bentuk permukaan air adalah bundar).



Sumber: "Samuel ; 2017".

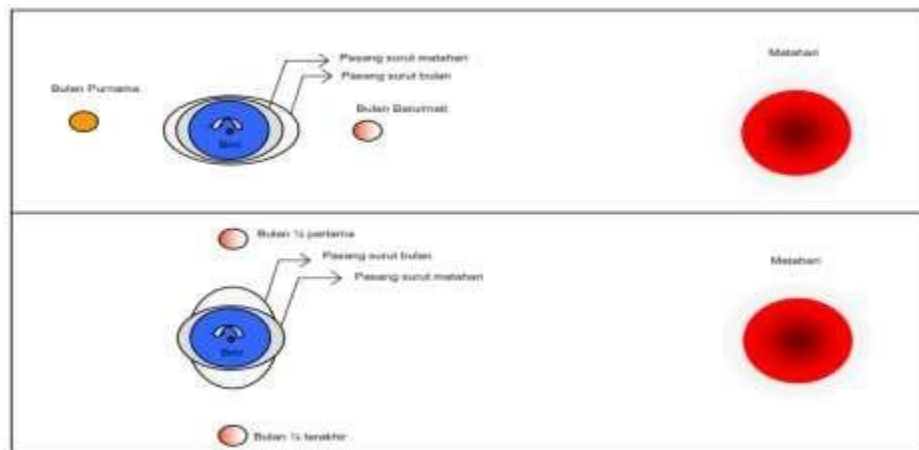
Gambar 4. Gambaran Sederhana Terjadinya Pasang Surut

Pasang surut terjadi karena adanya gerakan dari benda benda angkasa yaitu rotasi bumi pada sumbunya, peredaran bulan mengelilingi bumi dan peredaran bulan mengelilingi matahari. Gerakan dari benda angkasa tersebut akan mengakibatkan terjadinya beberapa macam gaya pada setiap titik di bumi ini, yang disebut gaya pembangkit pasang surut. Masing masing gaya akan memberikan pengaruh pada pasang surut dan disebut komponen pasang surut, dan gaya tersebut berasal dari pengaruh matahari, bulan atau kombinasi keduanya.

2. Pasang Surut Purnama dan Perbani

Seperti yang telah dijelaskan di depan, dengan adanya gaya tarik bulan dan matahari maka lapisan air yang semula berbentuk bola berubah menjadi ellips. Karena peredaran bumi dan bulan pada orbitnya, maka posisi bulan-

matahari selalu berubah setiap saat. Revolusi bulan terhadap bumi ditempuh dalam waktu 29.5 hari (jumlah hari dalam satu bulan menurut kalender tahun kamariah, yaitu tahun yang didasarkan pada peredaran bulan). Pada setiap sekitar tanggal 1 dan 15 (bulan muda dan bulan purnama) posisi bumi-bulan-matahari kira-kira berada pada satu garis lurus dalam keadaan ini terjadi pasang surut purnama (pasang besar, *spring tide*). Sedang pada setiap sekitar tanggal 7 dan 21 (seperempat bulan dan tiga perempat revolusi bulan terhadap bumi dimana bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi dalam keadaan ini terjadi pasang surut perbani (pasang kecil, *neap tide*). Berikut penjelasan posisi bulan dan matahari terhadap bumi dalam mempengaruhi pasang surut.



Sumber : Bambang Triatmodjo, 2012

Gambar 5. Posisi bumi-bulan-matahari

Beberapa posisi yang penting untuk diketahui :

- a. Matahari-bulan-bumi terletak pada satu sumbu yang berupa garis lurus. Pada posisi ini bumi menghadapi sisi bulan yang tidak kena sinar matahari (sisi gelap), jadi bulan tidak dapat dilihat dari bumi. Karenanya keadaan tersebut disebut bulan mati. Posisi seperti ini akan mengakibatkan adanya gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi yang saling menguatkan.
- b. Matahari-bumi-bulan terletak pada satu sumbu garis lurus. Pada posisi kedua ini, bulan sedang purnama, karena bulan dapat dilihat penuh dari bumi, dan memberikan akibat pada pembangkitan pasang yang sama

dengan posisi pertama. Akibat posisi tersebut terjadi pasang. Pasang seperti ini dikenal sebagai pasang purnama.

- c. Bulan terletak menyiku (membentuk sudut 90°) dari sumbu bersama matahari-bumi. Pada posisi semacam ini, maka gaya tarik bulan akan diperkecil oleh gaya tarik matahari terhadap massa air di bumi. Hasilnya terjadi pasang yang kecil yang disebut pasang perbani.

3. Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe dengan menggunakan angka pasang surut "F" (*tide form number* "Formzahl"). Empat tipe pasang surut yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran. Berikut penjelasan mengenai empat tipe pasang surut tersebut :

1. Pasang Surut Harian Ganda (*semi diurnal tide*) : $0 < F \leq 0.25$

Yaitu pasang surut yang memiliki sifat dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan juga dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi berurutan secara teratur.

2. Pasang Surut Harian Tunggal (*diurnal tide*) : $F > 3$

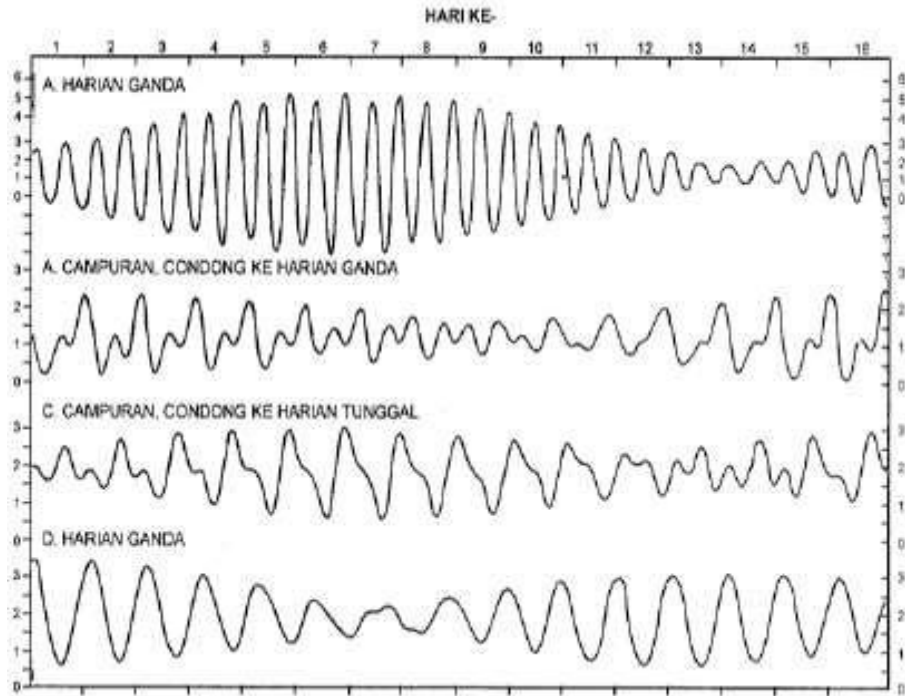
Yaitu tipe pasang surut yang apabila dalam satu hari hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut.

3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*) : $0.25 < F < 1.5$

Yaitu pasang surut yang dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

4. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) : $1.5 < F \leq 3$

Yaitu dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.



Sumber : Bambang Triatmodjo, 2012

Gambar 6. Tipe Pasang Surut

Dimana angka pasang surut “F”(tide form number “Formzahl”) didapat dengan persamaan berikut :

$$F = \frac{A(K1)+A(O1)}{A(M2)+A(S2)} \tag{20}$$

Keterangan :

- F (Formzahl) = Angka Pasang Surut (tide form number)
- A(K1) = Amplitudo dari konstanta pasut K1
- A(O1) = Amplitudo dari konstanta pasut O1
- A(M2) = Amplitudo dari konstanta pasut M2
- A(S2) = Amplitudo dari konstanta pasut S2

2.4 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas *catchment area* dan data penutup lahan. Debit banjir rencana biasa didapatkan dengan beberapa metode antara lain:

1. Metode Analisis Probabilitas Frekuensi Banjir. Metode ini digunakan apabila data debit yang tersedia cukup panjang (> 20 tahun) sehingga analisisnya dapat dilakukan dengan distribusi probabilitas.
2. Metode Rasional $Q = C.I.A$. Metode ini digunakan jika data aliran sungai tidak mencukupi, sehingga data curah hujan dipakai dalam rumus tersebut. Metode ini lebih cocok untuk DAS yang kecil.
3. Metode Analisis Regional. Metode ini dapat digunakan apabila data debit yang tersedia berada di antara 10 – 20 tahun. Data debit dapat diambil dari berbagai daerah pengaliran yang ada tetapi masih dalam satu regional.
4. Metode Puncak Banjir di Atas Ambang. Metode ini digunakan apabila data debit yang tersedia di antara 3 – 10 tahun. Metode ini berdasarkan pengambilan puncak banjir dalam selang satu tahun di atas ambang tertentu dan hanya cocok untuk data yang didapat dari pos duga air otomatis.
5. Metode Empiris. Rumus – rumus ini digunakan dengan mendasarkan ketentuan – ketentuannya pada hasil pengamatan. Rumus – rumus empiris yang sudah dipakai antara lain adalah Hidrograf Satuan.
6. Metode Analisis Regresi. Metode ini menggunakan persamaan – persamaan yang dihasilkan *Institute of Hydrology (IoH)* dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan dengan data hujan dan karakteristik daerah

pengaliran sungai (DPS), selanjutnya untuk banjir dengan periode ulang tertentu digunakan lengkung analisis regional.

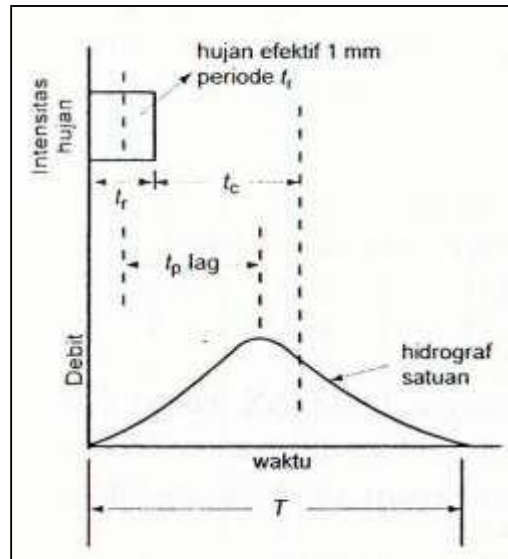
Dalam penelitian ini akan digunakan metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir dengan bantuan program komputer HEC-HMS.

Hidrograf Satuan

Hidrograf adalah penyajian antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Teori klasik hidrograf satuan (*unit hydrograph*) pertama kali diperkenalkan oleh L.K. Sherman (1932). Ada beberapa macam hidrograf yang menunjukkan tanggapan menyeluruh DAS terhadap masukan tertentu. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang bersangkutan, hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu terjadinya.

1. Hidrograf muka air (*stage hydrograph*), yaitu hubungan antara perubahan tinggi muka air dengan waktu.
2. Hidrograf debit (*discharge hydrograph*), yaitu hubungan antara debit dengan waktu. Hidrograf debit ini sering disebut sebagai hidrograf.
3. Hidrograf sedimen (*sediment hydrograph*), yaitu hubungan antara kandungan sedimen dengan waktu.

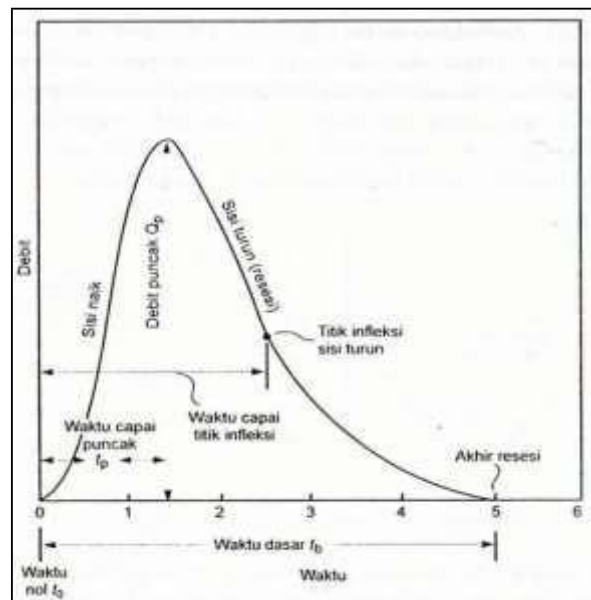
Seperti yang disebutkan sebelumnya, hidrograf aliran sungai selalu berubah tergantung sifat masukannya. Hal tersebut terjadi karena sistem DAS yang sebenarnya adalah *nonlinear time invariant*. Akan tetapi dengan andaian DAS sebagai sistem yang *linear time invariant* pengalihragaman hujan menjadi aliran menjadi lebih sederhana yaitu masukan yang terjadi setiap saat akan mengakibatkan aliran yang sama. Dengan demikian, suatu DAS tertentu mempunyai tanggapan yang khas terhadap masukan dengan besaran tertentu.



Sumber: "Bambang Triatmodjo; 2008".

Gambar 7. Hidrograf Satuan

Hidrograf terdiri dari tiga bagian yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*), dan sisi turun (*recession limb*). Bentuk hidrograf dapat ditandai dengan 3 sifat pokoknya yaitu waktu puncak (*time of rise*), debit puncak (*peak discharge*), dan waktu dasar (*base time*). Dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Sumber: "Bambang Triatmodjo; 2008".

Gambar 8. Hidrograf Debit

Waktu naik (TR) adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai waktu terjadinya debit puncak. Debit puncak adalah debit maksimum yang terjadi dalam kasus tertentu. Waktu dasar (TB) adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai waktu dimana debit kembali pada suatu besaran yang ditetapkan.

Untuk memperoleh hidrograf satuan dari suatu kasus banjir, maka diperlukan data sebagai berikut: rekaman AWLR, pengukuran debit yang cukup, data hujan biasa (manual), dan data hujan otomatis.

Hidrograf Satuan Sintetis

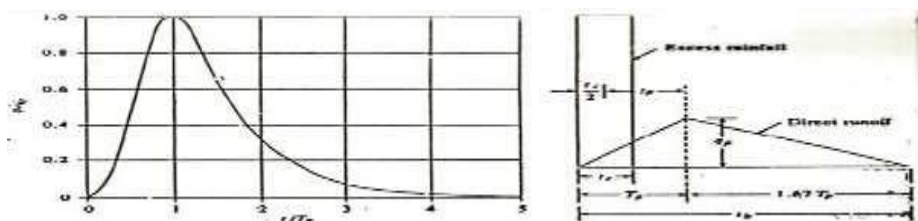
Seperti disebutkan sebelumnya, untuk menghitung hidrograf satuan diperlukan data debit terukur dan data hujan yang cukup untuk memodelkan hidrograf satuan dari suatu DAS. Namun pada praktiknya penerapan hidrograf satuan masih terbatas pada DAS yang relatif kecil dan tidak efektif bagi daerah dengan data hujan dan debit yang tidak lengkap.

Konsep Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) dikembangkan untuk menurunkan hidrograf satuan suatu DAS dengan cara sintetis. Konsep Hidrograf Satuan Sintetis didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Parameter – parameter yang umum dipakai dalam perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis antara lain: Luas DAS, Panjang sungai, Kelandaian DAS, jumlah pertemuan sungai, kerapatan jaringan dan orde sungai. Terdapat beberapa model Hidrograf Satuan Sintetis yaitu HSS SCS, HSS Snyder, HSS Nakayasu, HSS Gama – 1, HSS Limantara.

a. Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Services (SCS)

Hidrograf tidak berdimensi SCS (*Soil Conservation Services*) adalah hidrograf satuan sintetis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit q terhadap debit puncak dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p

Jika debit puncak dan waktu keterlambatan dari suatu durasi hujan efektif (*lag time*) diketahui, maka hidrograf satuan dapat diestimasi dari UH sintetis SCS.



Sumber : “Sumarauw Jeffry; 2013”.

Gambar 9. Grafik Unit Hidrograf SCS Tak Berdimensi

Tabel 4. Unit Hidrograf SCS Tak Berdimensi

TABLE SCS DIMENSIONLESS UNIT HYDROGRAPH ORDINATES									
t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p
0.0	0.00								
0.2	0.10	1.2	0.93	2.2	0.207	3.2	0.040	4.2	0.0100
0.4	0.31	1.4	0.78	2.4	0.147	3.4	0.029	4.4	0.0070
0.6	0.66	1.6	0.56	2.6	0.107	3.6	0.021	4.6	0.0030
0.8	0.93	1.8	0.39	2.8	0.077	3.8	0.015	4.8	0.0015
1.0	1.00	2.0	0.28	3.0	0.055	4.0	0.011	5.0	0.0000

Parameter – parameter SCS :

$$T_1 = \frac{L^{0.8} (2540 - 22,86 CN)^{0.7}}{14,104 CN \times S^{0.5}} \quad \text{Untuk luas DAS} < 16 \text{ km}^2 \quad (21)$$

$$T_1 = 0,6 T_c \quad \text{Untuk luas DAS} \geq 16 \quad (22)$$

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_1 \quad (23)$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A}{T_p} \quad (24)$$

$$T_b = \frac{8}{3} T_p \quad \text{Untuk luas DAS} < 2 \text{ km}^2 \quad (25)$$

$$T_b = 5 \frac{8}{d} 20 T_p \quad (26)$$

Menghitung Time of Concentration (T_c) :

$$T_c = \frac{0.606 (L.N)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

- T_c = Waktu konsentrasi (jam).
 L = Panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km).
 s = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum (m/m)
 N = Koefisien kekasaran lahan.

Tabel 5. Koefisien kekasaran Inahan HSS SCS

Tata Guna Lahan	N
Kedap Air	0,02
Timbunan Tanah	0,1
Tanaman Pangan/Tegalan Dengan Sedikit Rumput	0,2
Padang Rumput	0,4
Tanah Gundul yang Kasar Dengan Runtuhan Dedaunan	0,6
Hutan dan Sejumlah Semak Belukar	0,8

Sumber : "Sumarauw Jeffry; 2017".

2.5 Analisis Hidraulika

Klasifikasi Aliran

Berdasarkan fungsi waktu, aliran dapat dibedakan menjadi:

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

Berdasarkan fungsi ruang, aliran dapat dibedakan menjadi:

- Aliran Seragam (*uniform flow*) apabila kedalaman aliran pada setiap penampang saluran adalah sama.
- 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.

Aliran Langgeng (*Steady Flow*)

Aliran dikatakan langgeng (*steady*) jika kecepatan tidak berubah selama selang waktu tertentu. Aliran alami umumnya bersifat tidak tetap, ini disebabkan karena bentuk geometris hidroliknya saluran, sungai – sungai di lapangan tidak teratur, adanya tanaman pada tebing saluran, adanya bangunan air, perubahan dasar saluran, dan lainnya. Komponen pada model ini digunakan untuk menghitung profil muka air pada kondisi aliran langgeng (*steady*). Komponen pada *steady flow* dapat memodelkan profil muka air pada kondisi aliran subkritis, superkritis dan sistem gabungan.

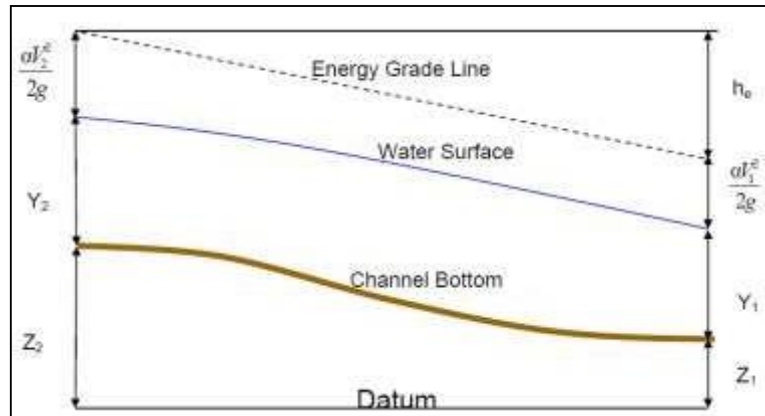
Persamaan Dasar untuk Perhitungan Profil Aliran

Dalam ilmu hidraulika dasar, diketahui bahwa jumlah energi yang melalui suatu penampang saluran dapat dinyatakan sebagai tinggi air, yang setara dengan jumlah dari ketinggian di atas suatu bidang persamaan, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan. Profil permukaan air dihitung dari satu titik temu menuju titik temu berikut dengan memecahkan persamaan energi yang dinamakan metode standar. Persamaan energi ditulis sebagai berikut:

$$z_1 + y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_e \quad (27)$$

dengan:

- z_1, z_2 = Beda tinggi dasar saluran terhadap bidang persamaan.
- y_1, y_2 = Tinggi muka air dari dasar saluran.
- α_1, α_2 = Koefisien koreksi pembagian kecepatan.
- V_1^2, V_2^2 = Kecepatan aliran rata – rata.
- h_e = Kehilangan energi.



Sumber: "US Army Corps Of Engineers;2016".

Gambar 10. Komponen Dalam Persamaan Energi

Kehilangan energi di antara 2 penampang melintang disebabkan oleh gesekan dan perubahan lebar saluran. Kehilangan energi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$h_e = L \times S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (28)$$

dengan:

- L = Panjang jangkauan aliran yang diukur.
- S_f = Kemiringan garis energi di antara 2 penampang melintang.
- C = Koefisien perubahan lebar saluran.

Panjang jangkauan aliran yang diukur L dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (29)$$

dengan:

- L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = Panjang saluran pada bagian kiri saluran, saluran utama dan bagian kanan saluran.
- $\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$ = Debit rata – rata pada bagian kiri saluran, saluran utama dan bagian kanan saluran.

Pembagian Penampang Melintang untuk Perhitungan *Conveyance*

Total *Conveyance* dan koefisien kecepatan untuk penampang melintang mengharuskan penampang melintang dibagi menjadi bagian – bagian dimana kecepatan tersalurkan secara seragam. Pendekatan dalam program komputer HEC-RAS adalah dengan membagi aliran pada daerah bantaran sungai dengan input nilai *n Manning* di titik pembagian (lokasi dimana nilai *n* berubah) sebagai dasar pembagian. *Conveyance* dihitung dalam masing – masing bagian mengikuti persamaan *Manning*:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (30)$$

Dengan persamaan debit menjadi:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad (31)$$

Nilai *Conveyance* untuk tiap bagian merupakan persamaan berikut:

$$K = \frac{1}{n} A R^{2/3} \quad (32)$$

Karena penampang sungai memiliki kedalaman yang bervariasi dengan tinggi muka air yang cenderung tetap, maka dalam program komputer HEC-RAS aliran dianggap tak seragam dengan kemiringan yang digunakan dalam perhitungan adalah kemiringan energi (S_f). Sehingga, persamaan debit pada tiap

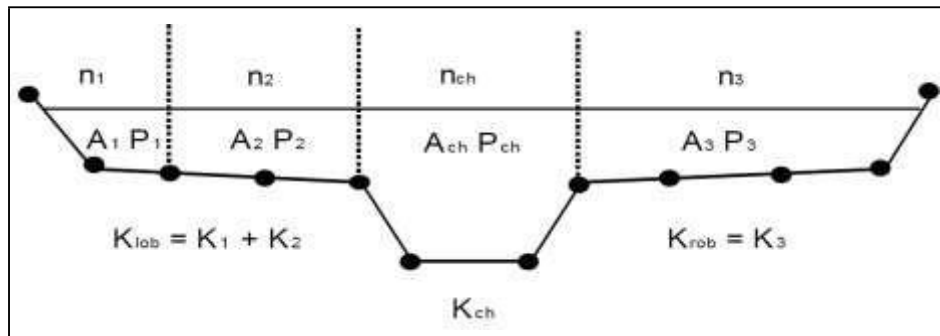
bagian menjadi:

$$Q = K S_f^{1/2} \quad (33)$$

dimana:

- K** = Nilai *Conveyance* pada bagian aliran yang dihitung.
- n** = Nilai kekasaran *Manning* untuk bagian aliran yang dihitung.
- A** = Luas penampang melintang untuk bagian aliran yang dihitung.
- R** = Jari – jari hidrolis untuk bagian aliran yang dihitung.
- S_f** = Kemiringan energi.
- V** = Kecepatan aliran.

Program ini menjumlahkan seluruh nilai *conveyance* pada bantaran sungai untuk mendapatkan nilai *conveyance* untuk bantaran kiri sungai dan bantaran kanan sungai. Nilai *conveyance* untuk saluran utama secara normal dihitung sebagai elemen *conveyance* tunggal. Total nilai *conveyance* untuk penampang melintang didapat dengan menjumlahkan ketiga nilai *conveyance* (bantaran kiri, saluran utama dan bantaran kanan).



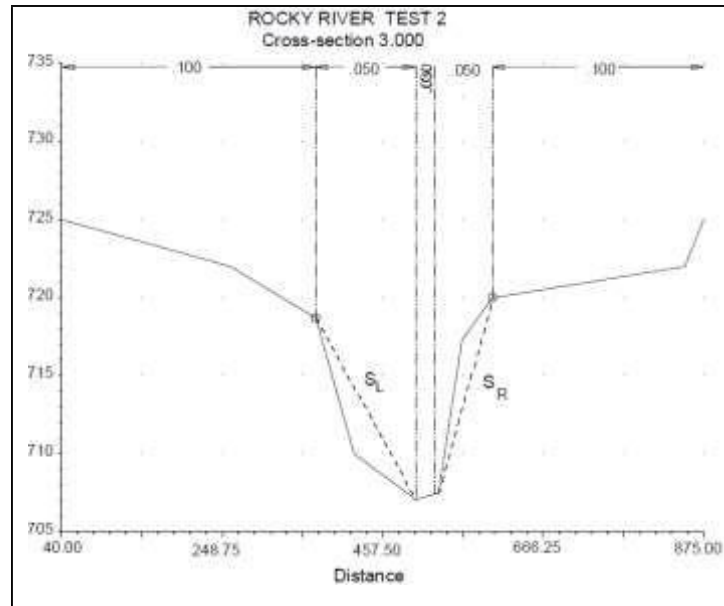
Sumber: "US Army Corps Of Engineers;2016".

Gambar 11. Standar Pembagian *Conveyance* pada HEC-RAS

Nilai *n Manning* Komposit untuk Saluran Utama

Aliran dalam saluran utama tidak dibagi – bagi, kecuali koefisien kekasaran berubah dalam daerah saluran. Program HEC-RAS menguji penerapan pembagian kekasaran dalam penampang saluran utama, dan jika tidak dapat diterapkan, maka program akan menghitung nilai *n* tunggal untuk seluruh saluran utama.

Program akan menentukan apabila saluran utama dapat dibagi – bagi, atau akan digunakan nilai *n* komposit untuk saluran utama berdasarkan kriteria berikut: Jika sisi miring saluran utama lebih curam dari 5H:1V dan saluran utama mempunyai lebih dari 1 nilai *n*, kekasaran komposit akan dihitung.



Sumber: "US Army Corps Of Engineers;2016".

Gambar 12. Penentuan kemiringan bantaran untuk nilai Manning Komposit

Untuk penentuan nilai n_c , saluran utama dibagi menjadi n bagian, masing – masing dengan keliling basah yang diketahui (P_i) dan koefisien kekasaran (n_i).

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^n P_i n_i^{1.49}}{P} \right]^{2/3} \quad (34)$$

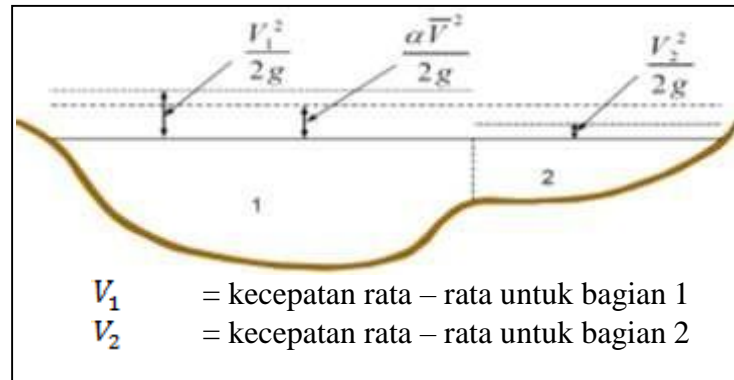
dimana:

- n_c = Koefisien kekasaran komposit atau ekuivalen.
- P = Keliling basah saluran utama.
- P_i = Keliling basah bagian ke- i saluran utama.
- n_i = Koefisien kekasaran bagian ke- i saluran utama.

Tinggi Energi Kinetik Rata - Rata

Dalam pemodelan aliran 1 dimensi, hanya ada muka air tunggal dan tinggi energi rata – rata dihitung pada masing – masing penampang melintang. Untuk suatu elevasi muka air, energi rata – rata diperoleh dari perhitungan energi

yang terpusat pada aliran dari 3 bagian penampang melintang (bantaran kiri, saluran utama, dan bantaran kanan). Gambar 13 menunjukkan bagaimana memperoleh energi rata – rata untuk sebuah penampang melintang yang terdiri dari saluran utama dan bantaran kanan (tanpa bantaran kiri).



Sumber: “US Army Corps Of Engineers;2016”.

Gambar 13. Contoh bagaimana memperoleh energi rata - rata

Nilai α perlu untuk diketahui agar dapat menghitung energi kinetik rata – rata. Nilai α dihitung dengan rumus:

$$\alpha = \frac{[Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2]}{Q \bar{V}^2} \quad (35)$$

Koefisien kecepatan α dihitung berdasarkan *conveyance* pada ketiga bagian aliran: bantaran kiri, bantaran kanan dan saluran utama. Persamaan dapat juga ditulis dengan istilah dalam *conveyance* dan daerah seperti pada rumus berikut:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3} \quad (36)$$

dimana:

- A_t = Luas total penampang melintang.
- A_{lob}, A_{ch}, A_{rob} = Luas penampang melintang pada bantaran kiri, saluran utama, dan bantaran kanan.
- K_t = Nilai *conveyance* total pada penampang melintang.

K_{lob}, K_{ch}, K_{rob} = Nilai *conveyance* pada bantaran kiri, saluran utama dan bantaran kanan.

Evaluasi Kehilangan Kontraksi dan Ekspansi

Kehilangan kontraksi dan ekspansi dalam program komputer HEC-RAS dievaluasi dengan persamaan sebagai berikut:

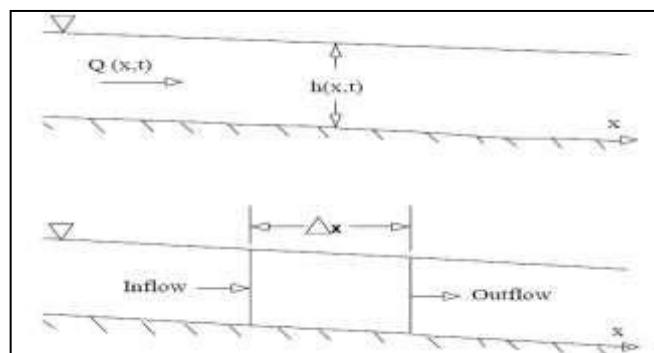
$$h_{ce} = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right| \quad (37)$$

Dimana C = koefisien kontraksi atau ekspansi

Program mengasumsikan kontraksi terjadi ketika tinggi kecepatan di daerah hilir lebih besar dari tinggi kecepatan daerah hulu. Sebaliknya, ketika tinggi kecepatan di hulu lebih besar dari tinggi kecepatan di hilir, program mengasumsikan ekspansi aliran terjadi.

Persamaan Kontinuitas

Pada gambar 12, ruang tilik adalah jarak x yang di ukur sepanjang saluran (seperti pada gambar). Pada titik tengah dari volume, kontrol aliran dan luas total aliran dinotasikan $Q(x,t)$ dan A_t . Luas total aliran jumlah luas aliran pada saluran (A) dan luas tampungan di luar saluran (S).



Sumber: "US Army Corps Of Engineers;2016".

Gambar14. Volume Kontrol Dasar untuk Penurunan Persamaan Kontinuitas dan Momentum

Konservasi massa untuk volume kontrol menyatakan bahwa “total laju aliran ke dalam volume akan sama dengan laju perubahan tampungan di dalam volume”.

Laju aliran masuk (*inflow*) ke volume kontrol dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \Delta x \quad (38)$$

Laju aliran keluar (*outflow*) menjadi:

$$Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \Delta x \quad (39)$$

Laju perubahan debit aliran terhadap jarak dalam tampungan adalah:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \quad (40)$$

Perubahan debit yang masuk ke ruang tilik dalam waktu Δt adalah $-\frac{\partial Q}{\partial x} \Delta x \Delta t$,

dan perubahan simpanan air dalam ruang tilik dalam waktu Δt adalah $T \frac{\partial y}{\partial t} \Delta x \Delta t$.

Dengan melihat prinsip kekekalan massa untuk air, yaitu volume yang masuk ruang tilik – volume yang keluar ruang tilik = volume yang tinggal di dalam ruang tilik, maka:

$$-\frac{\partial Q}{\partial x} \Delta x \Delta t + q \Delta x \Delta t = T \frac{\partial y}{\partial t} \Delta x \Delta t \quad (41)$$

atau

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + T \frac{\partial y}{\partial t} = q \quad (42)$$

atau

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (43)$$

dimana:

A = Luas penampang melintang aliran.

Q = Debit aliran.

q = Debit limpasan samping (*lateral inflow*) persatuan panjang saluran.

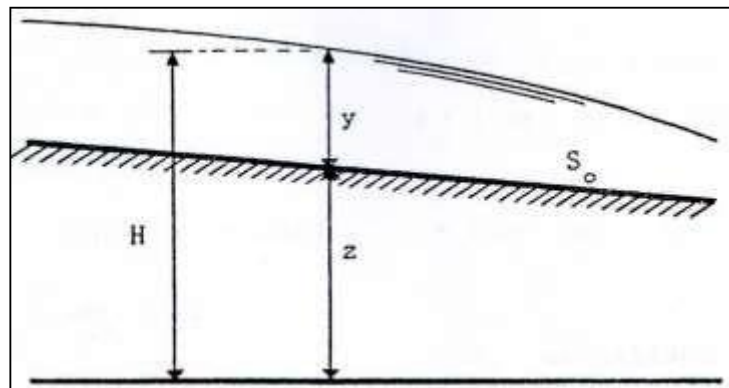
Dengan menggunakan $Q = V \cdot A$, persamaan dapat juga ditulis :

$$\frac{\partial(VA)}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (44)$$

atau

$$V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (45)$$

Gambar 13 memperlihatkan hubungan antara kedalaman air dan taraf muka air terhadap bidang acuan.



Sumber: "Tanudjaja Lambertus; 1991"

Gambar 15. Hubungan Antara Kedalaman Air dan Taraf Muka Air Terhadap Bidang Acuan

Hubungan tersebut adalah:

$$y = H - z \quad (46)$$

dimana:

H = Tinggi muka air.

z = Tinggi dasar saluran terhadap bidang acuan.

Dari persamaan 42 diperoleh:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial H}{\partial t} \quad (47)$$

Untuk aliran langgeng, perubahan debit yang masuk ke dalam ruang tilik sama dengan nol.

Program

HEC-HMS

Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mensimulasikan proses hujan-aliran/limpasan (*rainfall-runoff*) pada suatu sistem tangkapan hujan atau daerah aliran sungai (DAS). HEC-HMS dapat diterapkan secara luas untuk berbagai permasalahan diantaranya adalah ketersediaan air dan banjir di perkotaan maupun DAS alami. Hidrograf yang dihasilkan dari program ini dapat digunakan untuk studi ketersediaan air, drainase perkotaan, peramalan aliran, pengaruh urbanisasi, perancangan pelimpah bendungan, mitigasi dampak banjir, pengelolaan daerah genangan, hidrologi lahan basah, dan operasi sistem seperti waduk, dsb.

HEC-RAS

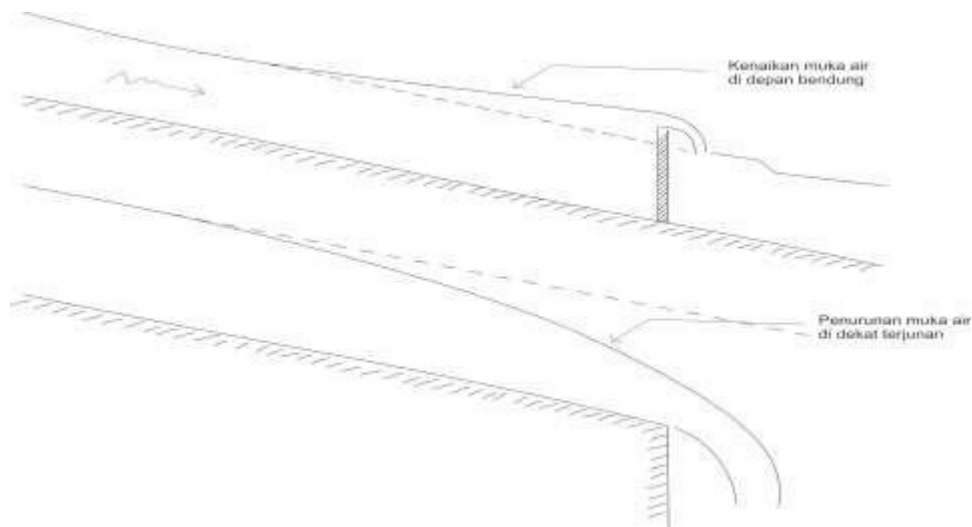
Aplikasi HEC-RAS ini menitik beratkan pada analisa Hidraulika pada sebuah Sungai / *River Analysis Sistem*. Analisis yang dilakukan oleh HEC-RAS adalah analisis Aliran *Steady*, *Unsteady* dan *Sediment Transport*. Hasil *running* HEC-RAS adalah sebuah hasil analisis hidraulika yang dapat kita lihat, yaitu berupa sebuah gambar profil melintang dan memanjang sungai. Tidak hanya gambar, output yang dihasilkan juga dapat berupa tabel tabel data.

2.5 Aliran Berubah Lambat Laun

Aliran berubah lambat laun dalam keadaan langsung (*gradually varied steady flow*) memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Aliran langsung
- Garis arus praktis sejajar (pembagian tekanan adalah hidrostatik).
- Perubahan taraf muka air secara berangsur-angsur.

Contoh :



Sumber: Sumber: "Tanudjaja Lambertus; 2016"

Gambar 16. Garis kemiringan energi pada aliran berubah lambat laun

⇒⇒ Garis kemiringan energi (S_f) tidak sama/sejajar garis permukaan air (S_w), dan tidak sama/sejajar datar saluran (S_o)

$$S_f \neq S_w \neq S_o$$

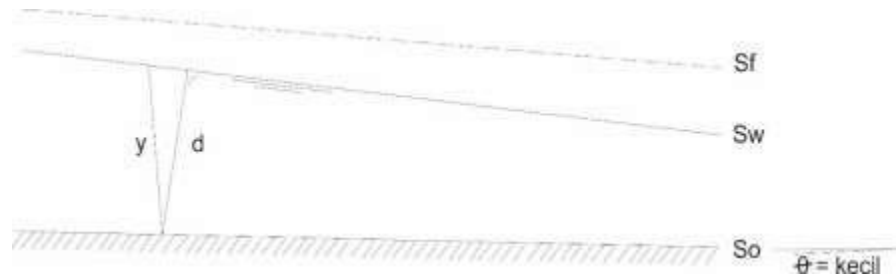
Asumsi dasar :

1. Kehilangan tinggi energi pada suatu penampang, sama dengan kehilangan pada aliran seragam, pada kecepatan dan jari-jari hidrolis penampang yang sama.

→ Rumus aliran seragam dapat dipakai untuk aliran berubah lambat laun :

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S f^{\frac{1}{2}} \rightarrow S f = \frac{n^2 v^2}{R^{\frac{4}{3}}} \quad (48)$$

2. Kemiringan dasar saluran cukup kecil.



Sumber: "Ven Te chow; 1989"

Gambar 17. Kemiringan dasar saluran

$\theta = \text{kecil}$

- $d \approx y$
- $\cos \theta \approx 1,0$
- Tidak terjadi pemasukan udara.

3. Distribusi kecepatan di penampang saluran tetap.

→ Koefisien distribusi kecepatan (α & β) = tetap.

4. Daya angkut (hantaran) K dan faktor penampang Z (merupakan fungsi eksponen terhadap kedalaman aliran).

$$Z^2 = C_1 \cdot y^m \quad (49)$$

$$K^2 = C_2 \cdot y^n \quad (50)$$

5. Koefisien kekasaran n , tidak tergantung pada kedalaman aliran dan tetap sepanjang bagian saluran yang ditinjau.

Klasifikasi Profil Aliran Berubah Lambat Laun

Kemiringan dasar saluran terdiri dari $S_o > 0$, $S_o = 0$, $S_o < 0$. Untuk $S_o > 0$ bisa terjadi $S_o < S_c$, $S_o = S_c$, ataupun $S_o > S_c$. Untuk setiap kemiringan saluran diberi notasi yang mudah diingat, yaitu :

H	untuk dasar saluran mendatar	$\rightarrow S_o = 0$
M	untuk dasar saluran landai (subkritis)	$\rightarrow S_o > 0 ; S_o < S_c$
C	untuk dasar saluran kritis	$\rightarrow S_o > 0 ; S_o = S_c$
S	untuk dasar saluran terjal	$\rightarrow S_o > 0 ; S_o > S_c$
A	untuk dasar saluran menanjak	$\rightarrow S_o < 0$

Secara umum, ruang di saluran dapat dibagi menjadi 3 daerah dengan adanya grafis kedalaman normal dan garis kedalaman kritis.

- Daerah 1 \rightarrow ruang diatas garis atas
- Daerah 2 \rightarrow ruang daintara garis atas dan garis bawah
- Daerah 3 \rightarrow ruang dibawah garis bawah

Bila $y_o > y_c$, sebagai garis atas adalah garis kedalaman normal, dan garis bawah adalah garis kedalaman kritis.

Bila $y_c > y_o$, sebagai garis atas adalah garis kedalaman kritis, dan garis bawah adalah garis kedalaman normal.

Tabel 6. Jenis Profil Aliran Berubah Lambat Laun

Kemiringan dasar saluran	Notasi tipe aliran dengan lokasi terjadinya			Hubungan y, y_0, y_c			Lengkung muka air	Jenis aliran (Subkritis, kritis, superkritis)
	Zona-1	Zona-2	Zona-3	Zona-1	Zona-2	Zona-3		
Mendatar (horizontal) $S_0 = 0$	NIHIL			$y > y_0 > y_c$			-	-
		H2		$y_0 > y > y_c$			Surut muka air	Subkritis
			H3	$y_0 > y_c > y$			Air balik	Superkritis
Lantai (mild) $0 < S_0 < S_c$	M1			$y > y_0 > y_c$			Air balik	Subkritis
		M2		$y_0 > y > y_c$			Surut muka air	Subkritis
			M3	$y_0 > y_c > y$			Air balik	Superkritis
Kritis (critical) $S_0 = S_c > 0$	C1			$y > y_0 = y_c$			Air balik	Subkritis
		C2		$y_0 = y = y_c$			-	Kritis
			C3	$y_0 = y_c > y$			Air balik	Superkritis
Terjal (steep) $S_0 > S_c > 0$	S1			$y > y_c > y_0$			Air balik	Subkritis
		S2		$y_c > y > y_0$			Surut muka air	Superkritis
			S3	$y_c > y_0 > y$			Air balik	Superkritis
Menanjak (adverse) $S_0 < 0$	NIHIL			$y > y_0^* > y_c$			-	-
		A2		$y_0^* > y > y_c$			Surut muka air	Subkritis
			A3	$y_0 > y_c > y$			Air balik	Superkritis

y_0^* → dianggap bernilai positif

Metode Perhitungan Profil Aliran Berubah Lambat Laun

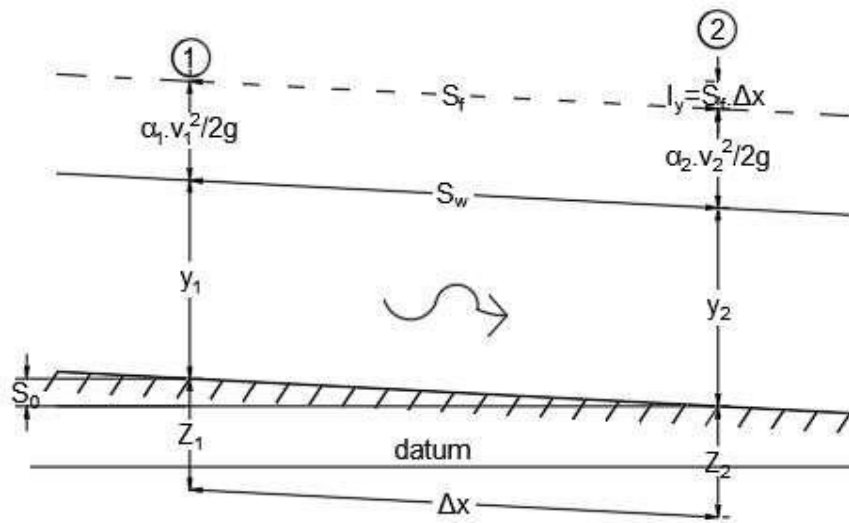
Metode perhitungan profil aliran berubah lambat laun dibagi atas tiga kelompok metode, yaitu :

- A. Metode-metode grafis ; antara lain :
 - Metode Integrasi Grafis
 - Metode Esra
 - Metode debit-penurunan tinggi
- B. Metode Integrasi Langsung
- C. Metode-Metode Numerik
 - 1. Simple numerical methods ; antara lain :
 - Metode tahapan langsung
 - Metode tahapan standar
 - 2. *Advanced numerical methods* ; antara lain :
 - *Standard fourth order Runge-Kutta method*
 - *Kutta-Merson method*
 - *Trapezoidal method*

Perhitungan profil aliran berubah lambat laun pada dasarnya merupakan penyelesaian terhadap persamaan diferensial dari aliran berubah lambat laun.

a. Metode Tahapan Langsung

Secara umum saluran dibagi-bagi menjadi bagian-bagian yang pendek, lalu secara bertahap dilakukan perhitungan dari satu ujung ke ujung saluran lainnya. Ada berbagai jenis metode tahapan ini dan tidak ada suatu metode yang dianggap paling baik untuk menyelesaikan segala masalah.



Sumber: "Ven Te chow; 1989"

Gambar 18. Bagian saluran untuk menurunkan metode tahapan

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2g} + hf \quad (51)$$

$$z_1 + E_1 = z_2 + E_2 + hf \quad (52)$$

$$E_2 - E_1 = hf - (z_1 - z_2) \quad (53)$$

Dengan :

$$z_1 - z_2 = S_0 \cdot \Delta x \quad (54)$$

$$hf = S_f \cdot \Delta x \quad (55)$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = (S_f - S_0) \Delta x \quad (56)$$

$$\Delta x = \frac{\Delta E}{S_f - S_0} \quad (57)$$

Di mana :

$$\Delta E = E_2 - E_1 \quad (58)$$

$$E = \alpha \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (59)$$

$$S_f = \frac{n^2 \cdot v^2}{R^{4/3}} \quad (60)$$

b. Metode Tahapan Standart

Perhitungan dilakukan tahap demi tahap dari suatu pos pengamat ke pos berikutnya yang sifat-sifat hidrolisnya telah ditetapkan. Dalam metode ini jarak setiap pos diketahui dan dilakukan penentuan kedalaman aliran di tiap pos. Cara semacam ini biasanya dibuat berdasarkan perhitungan coba-coba.

Elevasi muka air :

$$Z_2 = y_2 + z_2 \quad (61)$$

$$Z_1 = y_1 + z_1 = y_1 + z_2 + S_o \cdot \Delta X \quad (62)$$

Kehilangan Tekanan :

$$h_f = S_f \cdot \Delta X = \frac{1}{2} (S_{f1} + S_{f2}) \cdot \Delta X \quad (63)$$

Tinggi tekanan :

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \left(\frac{v_2^2}{2g} \right) \quad (64)$$

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \left(\frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (65)$$

$$H_1 = H_2 + h_f \quad (66)$$

(kadang-kadang h_f ditambahkan h_e akibat pusaran air)

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode hasil penelitian laboratorium sebelumnya yang ditindaklanjuti dengan pembuatan aplikasi program komputer agar dapat menganalisis kondisi luapan dan profil aliran air banjir dengan metode tahapan standart pada setiap titik di sekitar muara sungai disaat terjadi debit banjir yang membawa aliran bersedimen dan pengaruh air balik (back water) akibat pasang surut air laut.

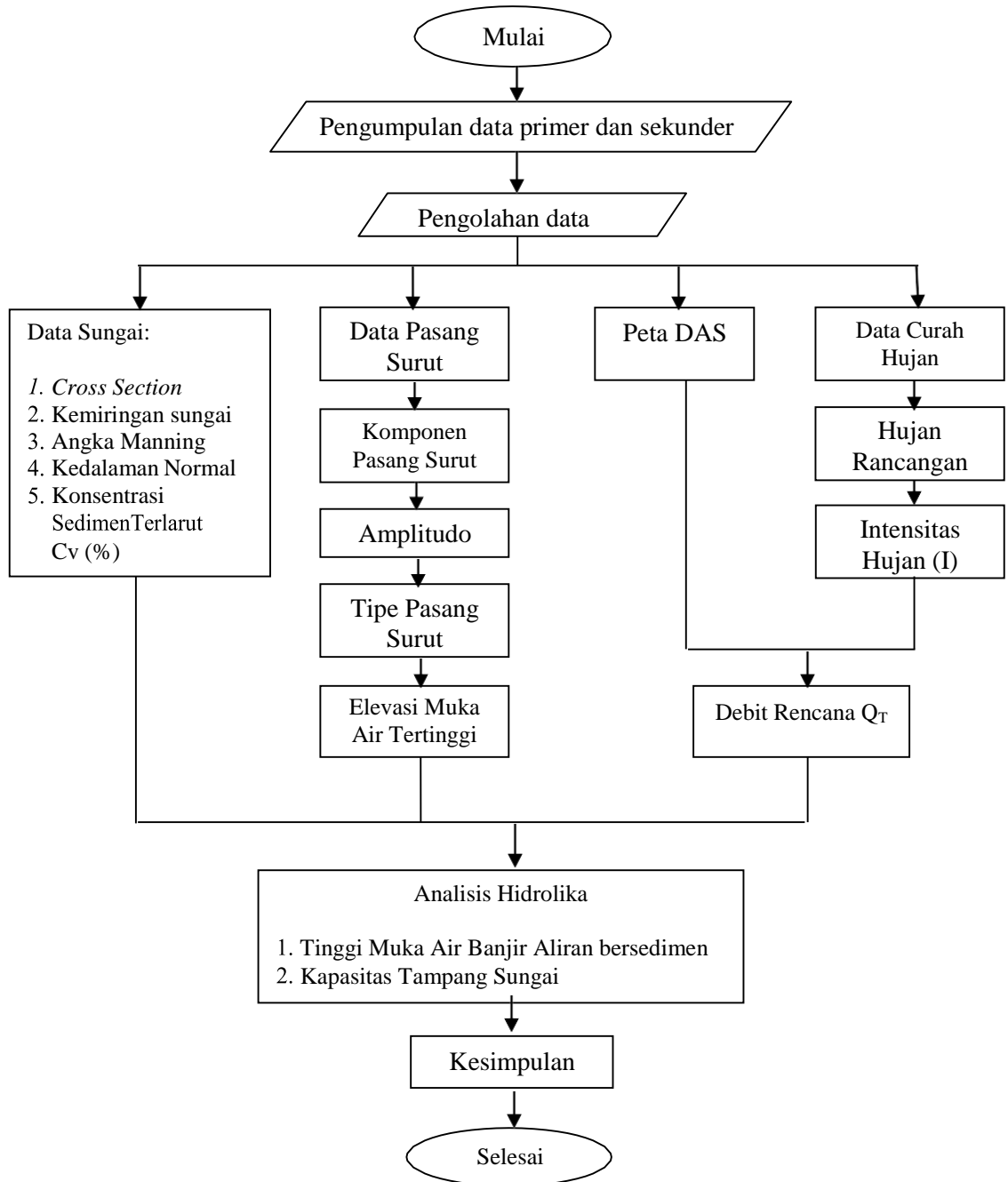
3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi serta menambah wawasan dan pengetahuan tidak hanya bagi pemerintah dan swasta tetapi juga masyarakat untuk penyusunan upaya – upaya penanggulangan banjir di Sungai Talawaan Bajo agar dampak negatif yang ditimbulkan dapat diminimalisir serta mengakomodir semua kepentingan dan berorientasi bagi kesejahteraan masyarakat.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1 Bagan alir penelitian

Langkah – langkah pelaksanaan penelitian ini mengikuti bagan alir pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian

4.2 Tahapan dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini berupa studi kasus melalui survei atau pengamatan langsung di lapangan yang disertai dengan analisis berdasarkan metode-metode yang diperlukan.

Uraian tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Pengumpulan data primer melalui survei lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari beberapa instansi terkait. Data primer berupa kondisi luasan genangan banjir, pengukuran geometri sungai, pengukuran kemiringan sungai, pengambilan sampel aliran bersedimen, pengukuran data pasang surut air laut dan data eksisting lainnya. Sedangkan data-data sekunder seperti peta topografi, peta DAS, data curah hujan (hidrologi) dan data klimatologi.

2. Tahapan selanjutnya adalah pengolahan data primer dan sekunder.

Analisis sampel aliran bersedimen dilakukan untuk mendapatkan persentasi konsentrasi sedimen terlarut (C_v) dan diagram distribusi partikel. Dari data pasang surut dianalisis komponen pasang surut dan amplitudo untuk mendapatkan elevasi muka air pasang tertinggi. Selanjutnya, dari data curah hujan dihitung hujan rancangan (R_{24}), intensitas hujan dan debit rencana sungai (Q_T) berdasarkan luasan DAS Talawaan.

3. Analisis hidrolika dalam penelitian ini menggunakan program HEC-RAS 5.1. Seluruh data-data sungai yaitu cross section, kemiringan sungai, angka Manning, kedalaman normal dan konsentrasi sedimen terlarut C_v (%) dianalisis bersama-sama dengan besar debit rencana sungai (Q_T) dan elevasi pasang laut tertinggi untuk mendapatkan tinggi muka air banjir aliran bersedimen dan evaluasi kapasitas tampang sungai.

Usulan Tim Peneliti terdiri dari 3 orang (1 Ketua dan 2 anggota)

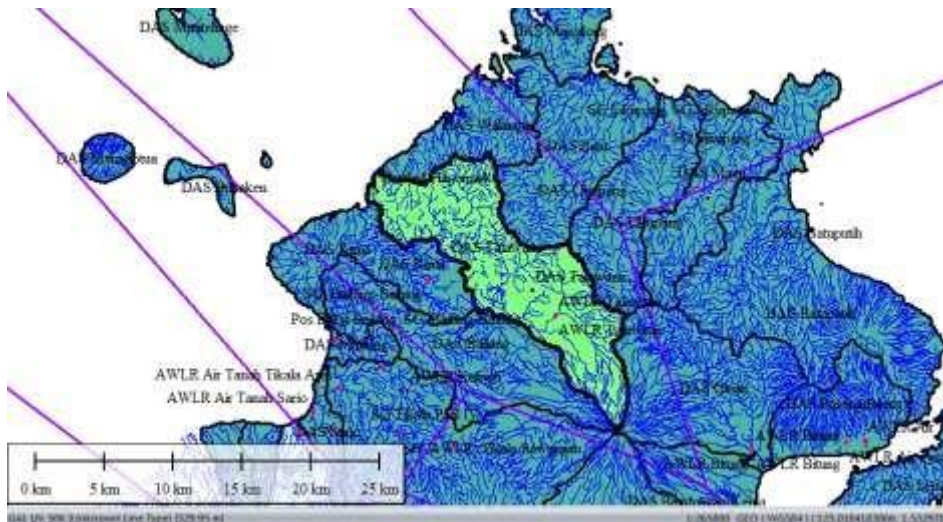
Tugas masing-masing Tim peneliti sesuai dengan latar belakang bidang keilmuan masing-masing.

1. Ketua Tim (Dr. Eng. Ir. Liany A. Hendratta) dengan latar belakang bidang ilmu Teknik Sumber Daya Air, bertugas untuk menganalisis seluruh data sungai dan analisis hidrolika serta menganalisis profil aliran. Sebagai ketua tim juga bertanggung jawab atas keseluruhan jalannya penelitian.
2. Anggota Tim (Ir. Isri R. Mangangka, Meng., PhD) dengan latar belakang bidang ilmu Teknik Lingkungan dan Sumber Daya air , bertanggung jawab untuk menganalisis data pasang surut, komponen pasang surut, amplitudo sampai pada analisis elevasi muka air laut tertinggi.
3. Anggota Tim (Ir. Hanny Tangkudung, MT) dengan latar belakang bidang ilmu Teknik Sumber Daya Air, bertanggung jawab menganalisis data-data hidrologi untuk mendapatkan debit rencana (QT)

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Daerah Aliran Sungai

Luas daerah aliran sungai (DAS) Sungai Talawaan-Bajo menggunakan data SIG yang diambil dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dan dihitung dengan menggunakan program *Global Mapper*. Dari data SIG diperoleh luas sebesar 128,95 Km².



Sumber : “Data SIG Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, *Global Mapper*”

Gambar 22. DAS Talawaan-Bajo

5.2 Analisa Curah Hujan

Analisa curah hujan menggunakan data curah hujan harian maksimum periode tahun 2009 sampai tahun 2018 di Pos Hujan MRG Talawaan yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I.

Tabel 7. Data Curah Hujan Maksimum MRG Talawaan

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
		MRG Talawaan
1	2009	106
2	2010	110
3	2011	141.5
4	2012	118
5	2013	94
6	2014	94
7	2015	131
8	2016	151
9	2017	183
10	2018	102

Sumber : "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

Analisis Data Outlier

Tabel 8. Parameter Outlier Pos Hujan Talawaan

No.	Tahun	R=x	log x	log x - log \bar{x}	(log x - log \bar{x}) ²	(log x - log \bar{x}) ³
1	2009	106	2,025306	- 0,0549833557	0,0030231694	-0,0001662240
2	2010	110	2,041393	- 0,0388965358	0,0015129405	-0,0000588481
3	2011	141,5	2,150756	0,0704672189	0,0049656289	0,0003499141
4	2012	118	2,071882	- 0,0084072136	0,0000706812	-0,0000005942
5	2013	94	1,973128	- 0,1071613673	0,0114835586	-0,0012305938
6	2014	94	1,973128	- 0,1071613673	0,0114835586	-0,0012305938
7	2015	131	2,117271	0,0369820747	0,0013676739	0,0000505794
8	2016	151	2,178977	0,0986877264	0,0097392673	0,0009611461
9	2017	183	2,262451	0,1821618688	0,0331829464	0,0060446675
10	2018	102	2,008600	- 0,0716890492	0,0051393198	-0,0003684329
		Σ =	20,802892		0,0819687448	0,0043510202

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{20,802892}{10} = 2,0802892$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum(\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0819687448}{10-1}} = 0,095434$$

$$CS_{\log} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2)0,095434^3} 0,0043510202 = 0,695$$

Nilai CS_{\log} lebih besar dari 0,4 sehingga dilakukan uji *outlier* tinggi lebih dahulu lalu uji *outlier* rendah.

$$\begin{aligned} Kn &= (-0,62201) + (6,28446 \times 10^{1/4}) - (2,49835 \times 10^{1/2}) + (0,491436 \times 10^{3/4}) - (0,037911 \times 10) \\ &= 5,037477 \end{aligned}$$

- Uji *outlier* tinggi

$$\text{Log } x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{\log} = 2,080289 + 5,037477 \times 0,095434$$

$$\text{Log } x_h = 2,561035549$$

$$x_h = 363,9448259 > 183 \text{ mm (OK)}$$

- Uji *outlier* rendah

$$\text{Log } x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{\log} = 2,080289 - 5,037477 \times 0,095434$$

$$\text{Log } x_l = 1,599542892$$

$$x_l = 39,76882716 < 94 \text{ mm (OK)}$$

Jadi data curah hujan pada Pos Talawaan tidak ada data *outlier*.

Analisis Frekuensi Hujan

Tabel 9. Perhitungan Parameter Penentuan Jenis Sebaran

No.	Tahun	R=x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^3$	$(x - \bar{x})^4$
1	2013	94	-29,05	843,9025	-24515,4	712171,4
2	2014	94	-29,05	843,9025	-24515,4	712171,4
3	2018	102	-21,05	443,1025	-9327,31	196339,8
4	2009	106	-17,05	290,7025	-4956,48	84507,94
5	2010	110	-13,05	170,3025	-2222,45	29002,94
6	2012	118	-5,05	25,5025	-128,788	650,3775
7	2015	131	7,95	63,2025	502,4599	3994,556
8	2011	141,5	18,45	340,4025	6280,426	115873,9
9	2016	151	27,95	781,2025	21834,61	610277,3
10	2017	183	59,95	3594,003	215460,4	12916854
	$\Sigma =$	1230,5	0	7396,225	178412,2	15381844

- Rata – rata hitung:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{10} \times 1230,5 = 123,05$$

- Simpangan Baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{7396,225}{10-1}} = 28,6671$$

- Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 28,6671^3} \times 178412,2$$

$$= 1,051818$$

- Koefisien Variasi:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{28,6671}{123,05} = 0,232971$$

- Koefisien Kurtosis:

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$= \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \cdot 28,6671^4} \times 15381844 = 4,519003$$

Tabel 10. Pemilihan Tipe Distribusi

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	1,051818	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	4,519003	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 \cdot C_v = 0,711558$	1,051818	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3,913565$	4,519003	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1.14$	1,051818	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5.40$	4,519003	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III menggunakan rumus persamaan berikut:

$$\log X = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X}$$

Tabel 11. Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson III

Ranking	Data (X)	log X (Y)	(Y - \bar{Y})	(Y - \bar{Y})²	(Y - \bar{Y})³
1	94	1.973128	-0.1071614	0.011483559	-0.00123059
2	94	1.973128	-0.1071614	0.011483559	-0.00123059
3	102	2.0086	-0.071689	0.00513932	-0.00036843
4	106	2.025306	-0.0549834	0.003023169	-0.00016622
5	110	2.041393	-0.0388965	0.00151294	-5.8848E-05
6	118	2.071882	-0.0084072	7.06812E-05	-5.9423E-07
7	131	2.117271	0.03698207	0.001367674	5.05794E-05
8	141.5	2.150756	0.07046722	0.004965629	0.000349914
9	151	2.178977	0.09868773	0.009739267	0.000961146
10	183	2.262451	0.18216187	0.033182946	0.006044668
	$\Sigma =$	20.80289	-3.109E-15	0.081968745	0.00435102

- Rata – rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{10} \times 20,80289 = 2,080289$$

- Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,081968745}{10-1}} = 0,095434$$

- Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$\begin{aligned} C_{S_{\log X}} &= \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 \\ &= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,095434^3} \times 0,00435102 \\ &= 0,69526431 \qquad \qquad \qquad (\text{Kemencengan Positif}) \end{aligned}$$

Faktor frekuensi K untuk tiap kala ulang terdapat pada tabel nilai K_T untuk kemencengan positif (Terlampir) yang ditentukan dengan menggunakan nilai $C_{S_{\log X}}$ dan kala ulang dalam tahun.

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

5 Tahun	: 0,790474
10 Tahun	: 1,332763
25 Tahun	: 1,965674
50 Tahun	: 2,404726
100 Tahun	: 2,820732

Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala ulang 5 tahun

$$\begin{aligned} \log X_{TR} &= \bar{Y} + K \cdot S_{\log X} = 2,080289 + (0,790474) \times 0,095434 \\ &= 2,155727 \end{aligned}$$

$$X_{TR} = 10^{2,155727} = 143,1289 \text{ mm}$$

Tabel 12. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR}
5 Tahun	2,155727	143,1289 mm
10 Tahun	2,20748	161,2427 mm
25 Tahun	2,267881	185,3025 mm
50 Tahun	2,309782	204,0712 mm
100 Tahun	2,349483	223,6057 mm

Distribusi Hujan Jam-Jaman

Distribusi hujan jam-jaman menggunakan pola hujan daerah Manado dan sekitarnya.

Tabel 13. Pola Distribusi Hujan Kota Manado dan Sekitarnya

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	54	22	8	6	3	1	3	3

Sumber: "Salem Haniedo Pratama ;2016"

Kala Ulang 5 Tahun

$$P = 143,1289 \text{ mm}$$

Tabel 14. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 5 Tahun

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	77,29	31,49	11,45	8,59	4,29	1,43	4,29	4,29

Kala Ulang 10 Tahun

$$P = 161,2427 \text{ mm}$$

Tabel 15. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 10 Tahun

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	87,07	35,47	12,90	9,67	4,84	1,61	4,84	4,84

Kala Ulang 25 Tahun

$$P = 185,3025 \text{ mm}$$

Tabel 16. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	100,06	40,77	14,82	11,12	5,56	1,85	5,56	5,56

Kala Ulang 50 Tahun

$$P = 204,0712 \text{ mm}$$

Tabel 17. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 50 Tahun

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	110,20	44,90	16,33	12,24	6,12	2,04	6,12	6,12

Kala Ulang 100 Tahun

$$P = 223,6057 \text{ mm}$$

Tabel 18. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 100 Tahun

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% distribusi hujan	54	22	8	6	3	1	3	3
P (mm)	120,75	49,19	17,89	13,42	6,71	2,24	6,71	6,71

Perhitungan Nilai SCS Curve Number (CN)

Jenis tanah dan jenis tutupan lahan pada DAS menentukan nilai *CN*. Jenis dan luas tutupan lahan DAS Talawaan-Bajo bersumber dari data SIG Balai Wilayah Sungai Sulawesi I.

Tabel 19. Jenis dan Luas Tutup Lahan DAS Talawaan - Bajo

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km²)	Persentase (%)
Pemukiman (25% kedap air)	1,1515	0,893
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	89,9464	69,753
Tanah yang diolah dan ditanami (dengan konservasi)	0,718	0,557
Hutan (tanaman jarang, penutupan jelek)	18,431	14,293
Hutan (penutup baik)	9,87	7,654
Tempat terbuka, halaman rumput, dsb (kondisi sedang: rumput menutup 50% - 75% luasan)	8,833	6,850
Total	128,95	100

Sumber: "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

Jenis tanah pada DAS Talawaan - Bajo adalah lempung berpasir (*sandy loam*).

Tabel 20. Perhitungan Nilai *CN* Rata – Rata DAS Talawaan - Bajo

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km²)	Persentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman (38% kedap air)	1,1515	0,893	70	0,6251
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi)	89,9464	69,753	71	49,524
Tanah yang diolah dan ditanami (dengan konservasi)	0,718	0,557	81	0,451
Hutan (tanaman jarang, penutupan jelek)	18,431	14,293	66	9,4335
Hutan (penutup baik)	9,87	7,654	55	4,2098
Tempat terbuka, halaman rumput, dsb (kondisi sedang: rumput menutup 50% - 75% luasan)	8,833	6,85	69	4,7265
Total	128,95	100	-	34,46778

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Talawaan - Bajo adalah 34,46778.

5.3 Analisis Pasang Surut

Data untuk analisis pasang surut bersumber dari TNI-AL LANTAMAL VIII Sulawesi Utara.

Tabel 21. Data Pasang Surut Bulan November Tahun 2017 (m)

TGL	JAM KE-																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	2,0	2,4	2,6	2,6	2,5	2,2	1,8	1,4	1,1	0,9	1,0	1,3	1,8	2,2	2,6	2,8	2,8	2,6	2,2	1,7	1,3	1,1	1,1	1,3
2	1,7	2,1	2,5	2,7	2,7	0,5	2,1	1,6	1,1	0,9	0,8	1,1	1,5	2,1	2,6	3,0	3,1	3,0	2,6	2,0	1,5	1,0	0,8	0,9
3	1,2	1,7	2,3	2,7	2,9	2,8	2,4	1,9	1,3	0,9	0,7	0,8	1,2	1,8	2,4	3,0	3,3	3,3	3,0	2,4	1,8	1,1	0,7	0,6
4	0,8	1,3	1,9	2,4	2,8	2,9	2,7	2,3	1,7	1,1	0,7	0,6	0,9	1,4	2,1	2,8	3,4	3,6	3,4	2,9	2,2	1,4	0,8	0,5
5	0,5	0,8	1,4	2,0	2,6	2,9	2,9	2,6	2,0	1,4	0,9	0,6	0,7	1,1	1,8	2,5	3,2	3,6	3,6	3,3	2,7	1,9	1,1	0,6
6	0,4	0,5	0,9	1,6	2,2	2,7	2,9	2,8	2,3	1,8	1,2	0,8	0,7	0,9	1,4	2,1	2,8	3,4	3,7	3,6	3,1	2,4	1,6	0,9
7	0,5	0,4	0,6	1,1	1,7	2,3	2,7	2,8	2,5	2,1	1,6	1,1	0,8	0,8	1,2	1,7	2,4	3,1	3,5	3,6	3,4	2,8	2,1	1,4
8	0,8	0,5	0,5	0,8	1,3	1,8	2,3	2,6	2,6	2,3	1,9	1,5	1,1	1,0	1,1	1,5	2,0	2,6	3,1	3,4	3,4	3,1	2,6	1,9
9	1,3	0,9	0,6	0,7	1,0	1,4	1,9	2,2	2,4	2,4	2,2	1,8	1,5	1,2	1,2	1,3	1,7	2,2	2,6	3,0	3,2	3,1	2,9	2,4
10	1,8	1,3	1,0	0,8	0,9	1,1	1,5	1,8	2,1	2,3	2,2	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6	2,8	2,9	2,9	2,6
11	2,3	1,8	1,4	1,1	1,0	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,1	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,7	2,7
12	2,5	2,3	1,9	1,6	1,3	1,1	1,1	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1	2,2	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5
13	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,4	1,1	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,4	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7	1,6	1,5	1,6	1,9	2,1
14	2,4	2,5	2,5	2,4	2,1	1,8	1,4	1,1	1,0	1,0	1,3	1,6	2,0	2,4	2,7	2,7	2,6	2,3	2,0	1,6	1,4	1,3	1,4	1,7
15	2,0	2,3	2,6	2,6	2,5	2,1	1,7	1,3	1,0	0,9	1,0	1,3	1,8	2,3	2,7	2,9	2,9	2,7	2,3	1,8	1,4	1,1	1,1	1,2
16	1,6	2,0	2,4	2,6	2,7	2,4	2,1	1,6	1,2	0,9	0,9	1,1	1,5	2,1	2,6	3,0	3,1	3,0	2,6	2,1	1,6	1,1	0,9	0,9
17	1,2	1,6	2,1	2,5	2,7	2,6	2,3	1,9	1,4	1,1	0,9	1,0	1,3	1,8	2,4	2,9	3,2	3,2	2,9	2,4	1,8	1,3	0,9	0,7
18	0,9	1,2	1,7	2,2	2,6	2,7	2,5	2,2	1,7	1,2	1,0	0,9	1,2	1,6	2,2	2,8	3,2	3,3	3,2	2,8	2,2	1,5	1,0	0,7
19	0,7	0,9	1,4	1,9	2,3	2,6	2,6	2,3	1,9	1,5	1,1	1,0	1,1	1,4	2,0	2,6	3,1	3,4	3,3	3,0	2,5	1,8	1,2	0,8
20	0,6	0,8	1,1	1,6	2,1	2,4	2,5	2,4	2,1	1,7	1,3	1,0	1,1	1,3	1,8	2,4	2,9	3,3	3,4	3,2	2,8	2,2	1,5	1,0
21	0,7	0,7	0,9	1,3	1,8	2,2	2,4	2,4	2,2	1,8	1,4	1,2	1,1	1,2	1,6	2,2	2,7	3,1	3,4	3,3	3,0	2,4	1,8	1,3
22	0,9	0,7	0,8	1,1	1,5	1,9	2,2	2,3	2,2	1,9	1,6	1,3	1,2	1,2	1,5	1,9	2,5	2,9	3,2	3,3	3,1	2,7	2,1	1,6
23	1,1	0,9	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,2	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3	1,3	1,4	1,8	2,2	2,7	3,0	3,2	3,1	2,8	2,4	1,9
24	1,4	1,1	0,9	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,6	2,0	2,4	2,7	3,0	3,0	2,9	2,6	2,2
25	1,7	1,3	1,1	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,0	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8	2,8	2,7	2,4
26	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9	2,0	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,6	2,5
27	2,3	2,0	1,7	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,4
28	2,4	2,2	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8	1,7	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2
29	2,3	2,4	2,3	2,1	1,8	1,5	1,3	1,1	1,2	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	2,7	2,6	2,4	2,1	1,8	1,5	1,4	1,4	1,6	1,8
30	2,1	2,3	2,4	2,4	2,1	1,8	1,4	1,2	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,6	2,9	3,0	2,8	2,5	2,0	1,6	1,2	1,1	1,1	1,4

Sumber: "TNI-AL LANTAMAL VIII Sulawesi Utara"

Tabel 22. Komponen Pasang Surut Tahun 2017

Tetapan Yang Digunakan	M2	S2	N2	K2	K ₁	O1	P1	M4	MS4	S0
Amplitudo dalam cm	56	35	9	10	16	16	6	-	-	120
360° g	202	158	215	163	98	139	92	-	-	

Sumber: "TNI-AL LANTAMAL VIII Sulawesi Utara"

Berdasarkan komponen pasang surut yang ada akan ditentukan tipe pasang surut di muara Sungai Talawaan-Bajo dengan menggunakan pasang surut "F" (*tide form number "Formzahl"*).

$$F = \frac{A(K1) + A(O1)}{A(M2) + A(S2)} = \frac{16 + 16}{56 + 35} = 0,351648$$

Keterangan :

F (Formzahl) = Angka Pasang Surut (*tide form number*)

A(K1) = Amplitudo dari konstanta pasut K1

A(O1) = Amplitudo dari konstanta pasut O1

A(M2) = Amplitudo dari konstanta pasut M2

A(S2) = Amplitudo dari konstanta pasut S2

Tipe pasang surut pada lokasi studi adalah Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*) dengan nilai $0.25 < F < 1.5$.

Tabel 23. Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data	Satuan	Data
HHWL	cm	370	m	3,7
LLWL	cm	30	m	0,3

Dimana :

- *Higher high water level (HHWL)* : Muka air tertinggi
- *Lowest low water level (LLWL)* : Muka air terendah

5.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Program HEC-HMS akan digunakan untuk pemodelan hujan aliran dengan metode HSS *Soil Conservation Services*, untuk kehilangan air dengan *SCS Curve Number (CN)* dan aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*. Hitung asumsi *lag time* awal dari DAS Talawaan-Bajo.

$$L = 51,2 \text{ km.}$$

$$s = 0,007793 \text{ m/m.}$$

$$N = 0,076$$

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{0,606 (L.N)^{0,467}}{s^{0,284}} \\ &= \frac{0,606 (41,2 \cdot 0,076)^{0,467}}{0,007793^{0,284}} \\ &= 3,559452 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 0,6 \cdot T_c \\ &= 0,6 \cdot 3,559452 \\ &= 2,135671 \text{ jam} \end{aligned}$$

Kemudian dengan program HEC-HMS akan dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS. Perhitungan dengan metode analisis regional akan digunakan untuk mendapatkan data debit sungai Talawaan-Bajo karena sungai tersebut tidak memiliki data debit terukur di lapangan. Data debit terukur lapangan akan digunakan untuk kalibrasi pada DAS Talawaan-Bajo.

Tabel 24. Data Debit Sungai Talawaan Tahun 2018 (m³/det)

BULAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
TGL												
1	1.98	1.98	2.82	2.20	2.32	1.78	1.69	1.55	1.69	1.46	1.69	1.93
2	3.31	1.83	3.16	2.09	2.37	2.56	2.26	1.46	1.55	1.46	1.83	1.78
3	2.75	1.98	3.09	2.09	2.37	3.24	2.32	1.51	1.55	1.42	1.88	1.73
4	2.37	1.83	2.62	2.09	2.20	3.95	3.02	1.51	1.69	1.38	1.98	1.64
5	2.09	2.26	2.43	2.20	2.20	2.50	2.95	1.46	1.88	1.38	1.88	1.55
6	2.20	4.03	2.37	1.98	2.20	2.20	2.43	1.55	1.78	1.38	1.73	1.59
7	2.56	8.18	2.56	1.88	2.32	1.98	2.26	1.55	1.64	1.38	1.64	1.69
8	2.43	4.39	2.82	1.83	2.82	1.93	2.20	1.55	1.59	1.34	2.62	2.26
9	3.46	3.78	3.31	1.78	2.56	1.83	1.98	1.55	1.59	1.42	2.82	3.24
10	3.54	6.14	2.68	1.78	2.43	1.73	1.78	2.09	1.55	1.46	3.87	2.15
11	3.09	4.03	2.43	1.83	2.56	1.73	1.83	2.09	1.55	1.38	3.46	2.37
12	2.82	3.39	2.20	1.88	2.26	1.73	1.83	1.88	1.55	1.51	3.39	2.82
13	2.62	2.68	2.09	1.78	2.09	1.78	1.73	1.78	1.51	1.46	3.02	2.68
14	3.16	2.43	2.09	1.83	1.98	1.69	1.64	1.69	1.46	1.55	2.88	2.50
15	3.31	2.32	2.32	1.88	1.88	1.64	1.64	1.64	1.46	1.78	2.20	2.43
16	3.39	2.32	2.09	3.31	1.73	1.59	1.64	1.64	1.46	1.64	4.57	2.43
17	2.82	2.32	1.93	3.78	1.78	1.78	1.78	1.64	1.46	2.43	3.78	2.56
18	2.68	2.15	1.88	3.02	1.69	1.64	1.69	1.55	1.46	2.26	2.75	2.43
19	2.56	3.78	2.56	3.62	1.73	1.64	1.64	1.55	2.20	1.98	2.56	2.37
20	2.43	5.47	2.37	2.37	1.78	1.59	1.64	1.55	2.62	1.88	2.43	2.20
21	3.02	3.02	2.32	2.20	1.78	1.69	1.64	1.55	1.98	1.73	1.88	4.48
22	1.98	2.37	2.82	2.09	1.73	1.64	1.64	1.46	1.88	1.59	1.78	2.68
23	3.39	2.37	2.68	1.98	1.69	1.64	1.64	1.46	1.55	1.46	1.59	2.95
24	2.68	2.20	2.37	1.93	1.69	1.64	1.64	1.55	1.55	1.46	2.09	2.68
25	2.32	2.26	2.20	3.62	1.64	1.59	1.64	1.55	1.55	1.46	1.88	2.15
26	2.20	2.32	2.20	3.09	1.64	1.69	1.55	1.93	1.55	1.78	1.98	2.09
27	2.09	3.02	2.75	3.70	1.64	1.64	1.55	2.50	1.55	1.59	1.88	2.56
28	1.93	2.75	2.37	2.56	1.88	1.88	1.55	2.15	1.46	1.78	1.78	2.68
29	1.88		2.62	2.56	1.78	1.88	1.55	1.55	1.46	2.04	1.69	2.43
30	1.78		2.68	2.26	1.78	1.78	1.59	1.55	1.46	1.88	1.59	2.20
31	1.73		2.37		1.78		1.55	1.64		1.69		2.15

Sumber : "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

Luas daerah aliran sungai Talawaan adalah 34 km².

$$Q_2 = \frac{A_2}{A_1} \times Q_1$$

Dengan :

A_1 = Luas Daerah Aliran Sungai Talawaan (Km^2)

A_2 = Luas Daerah Aliran Sungai Talawaan - Bajo (Km^2)

Q_1 = Debit Sungai Talawaan (m^3/det)

Q_2 = Debit Sungai Talawaan - Bajo (m^3/det)

Sehingga :

$$Q_2 = \frac{128,95}{34} \times 1,98 = 7,524 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 25. Data Debit Sungai Talawaan – Bajo Tahun 2018 (m^3/det)

BULAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
TGL												
1	7.52	7.52	10.68	8.35	8.78	6.76	6.40	5.88	6.40	5.55	6.40	7.33
2	12.56	6.94	12.00	7.93	9.01	9.70	8.56	5.55	5.88	5.55	6.94	6.76
3	10.43	7.52	11.73	7.93	9.01	12.28	8.78	5.71	5.88	5.39	7.13	6.58
4	9.01	6.94	9.94	7.93	8.35	14.98	11.46	5.71	6.40	5.24	7.52	6.22
5	7.93	8.56	9.23	8.35	8.35	9.46	11.20	5.55	7.13	5.24	7.13	5.88
6	8.35	15.30	9.01	7.52	8.35	8.35	9.23	5.88	6.76	5.24	6.58	6.05
7	9.70	31.01	9.70	7.13	8.78	7.52	8.56	5.88	6.22	5.24	6.22	6.40
8	9.23	16.64	10.68	6.94	10.68	7.33	8.35	5.88	6.05	5.08	9.94	8.56
9	13.14	14.35	12.56	6.76	9.70	6.94	7.52	5.88	6.05	5.39	10.68	12.28
10	13.43	23.27	10.18	6.76	9.23	6.58	6.76	7.93	5.88	5.55	14.66	8.14
11	11.73	15.30	9.23	6.94	9.70	6.58	6.94	7.93	5.88	5.24	13.14	9.01
12	10.68	12.85	8.35	7.13	8.56	6.58	6.94	7.13	5.88	5.71	12.85	10.68
13	9.94	10.18	7.93	6.76	7.93	6.76	6.58	6.76	5.71	5.55	11.46	10.18
14	12.00	9.23	7.93	6.94	7.52	6.40	6.22	6.40	5.55	5.88	10.94	9.46
15	12.56	8.78	8.78	7.13	7.13	6.22	6.22	6.22	5.55	6.76	8.35	9.23
16	12.85	8.78	7.93	12.56	6.58	6.05	6.22	6.22	5.55	6.22	17.35	9.23
17	10.68	8.78	7.33	14.35	6.76	6.76	6.76	6.22	5.55	9.23	14.35	9.70
18	10.18	8.14	7.13	11.46	6.40	6.22	6.40	5.88	5.55	8.56	10.43	9.23
19	9.70	14.35	9.70	13.73	6.58	6.22	6.22	5.88	8.35	7.52	9.70	9.01
20	9.23	20.76	9.01	9.01	6.76	6.05	6.22	5.88	9.94	7.13	9.23	8.35
21	11.46	11.46	8.78	8.35	6.76	6.40	6.22	5.88	7.52	6.58	7.13	16.99
22	7.52	9.01	10.68	7.93	6.58	6.22	6.22	5.55	7.13	6.05	6.76	10.18
23	12.85	9.01	10.18	7.52	6.40	6.22	6.22	5.55	5.88	5.55	6.05	11.20
24	10.18	8.35	9.01	7.33	6.40	6.22	6.22	5.88	5.88	5.55	7.93	10.18
25	8.78	8.56	8.35	13.73	6.22	6.05	6.22	5.88	5.88	5.55	7.13	8.14
26	8.35	8.78	8.35	11.73	6.22	6.40	5.88	7.33	5.88	6.76	7.52	7.93
27	7.93	11.46	10.43	14.04	6.22	6.22	5.88	9.46	5.88	6.05	7.13	9.70
28	7.33	10.43	9.01	9.70	7.13	7.13	5.88	8.14	5.55	6.76	6.76	10.18
29	7.13		9.94	9.70	6.76	7.13	5.88	5.88	5.55	7.72	6.40	9.23

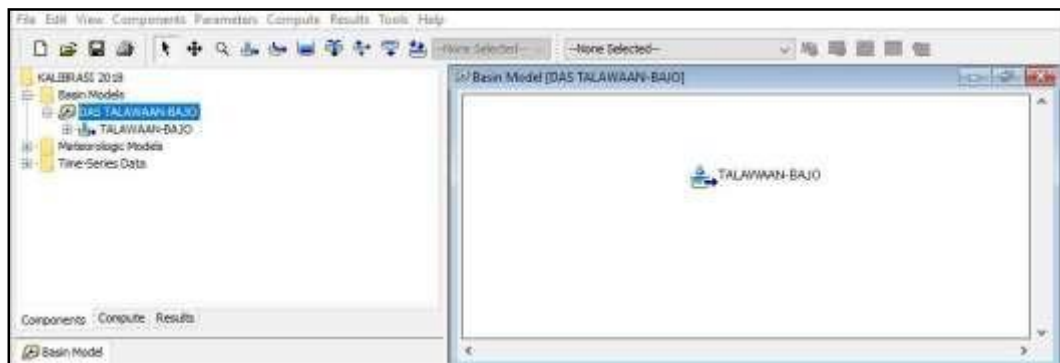
30	6.76		10.18	8.56	6.76	6.76	6.05	5.88	5.55	7.13	6.05	8.35
31	6.58		9.01		6.76		5.88	6.22		6.40		8.14

Sumber : “Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1”

Debit rata – rata sungai Talawaan - Bajo pada tahun 2018 adalah **8,2365** m³/s. Debit ini akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer HEC-HMS untuk proses kalibrasi.

Kalibrasi Parameter DAS Pada Program HEC-HMS

Pertama, membuat basin model dari DAS di *Basin Model Manager* kemudian membuat sub-DAS di *Subbasin Creation Tool*.



Gambar 23. Membuat Basin Model DAS untuk Kalibrasi

Kedua, memasukkan parameter DAS yaitu luas DAS, *Loss Method* yang digunakan adalah *SCS Curve Number*, dan *Transform Method* yang digunakan adalah *SCS Unit Hydrograph*.

Subbasin Loss Transform Baseflow Options

Basin Name: DAS TALAWAAN-BAJO
Element Name: TALAWAAN-BAJO

Description:

Downstream: --None--

*Area (KM2) 128.95

Latitude Degrees:

Latitude Minutes:

Latitude Seconds:

Longitude Degrees:

Longitude Minutes:

Longitude Seconds:

Canopy Method: --None--

Surface Method: --None--

Loss Method: SCS Curve Number

Transform Method: SCS Unit Hydrograph

Baseflow Method: Recession

Gambar 24. Metode Perhitungan yang Dipilih dan Data Sub-DAS yang Dimasukkan

Subbasin Loss Transform Baseflow Options

Basin Name: DAS TALAWAAN-BAJO
Element Name: TALAWAAN-BAJO

Initial Abstraction (MM)

*Curve Number: 34.468

*Impervious (%) 0.0

Gambar 25. Pengisian Nilai *Curve Number* Pada Bagian *Loss*

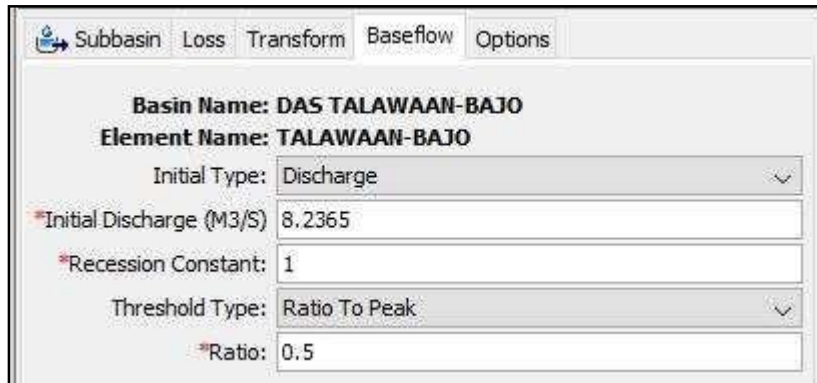
Subbasin Loss Transform Baseflow Options

Basin Name: DAS TALAWAAN-BAJO
Element Name: TALAWAAN-BAJO

Graph Type: Standard (PRF. 484)

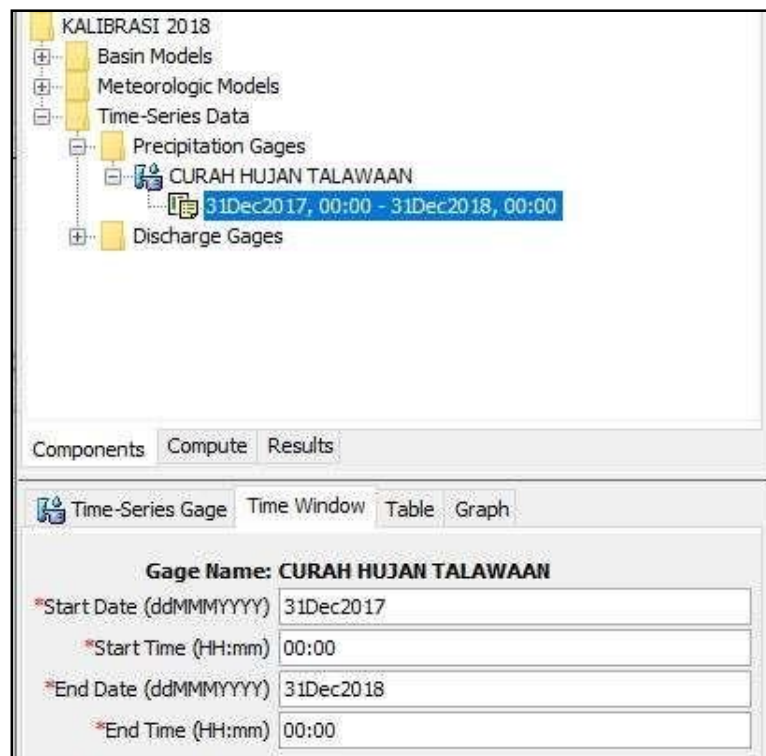
*Lag Time (MIN) 128.1402767

Gambar 26. Pengisian Nilai *Lag Time*



Gambar 27. Pengisian Nilai Debit Normal, *Recession Constant*, dan *Threshold Ratio*

Ketiga, memasukan data hujan dan data debit di komponen *Time-series Data*. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah data pada tahun 2018, dengan waktu mulai 13 April 2018 dan waktu selesai 19 April 2018.



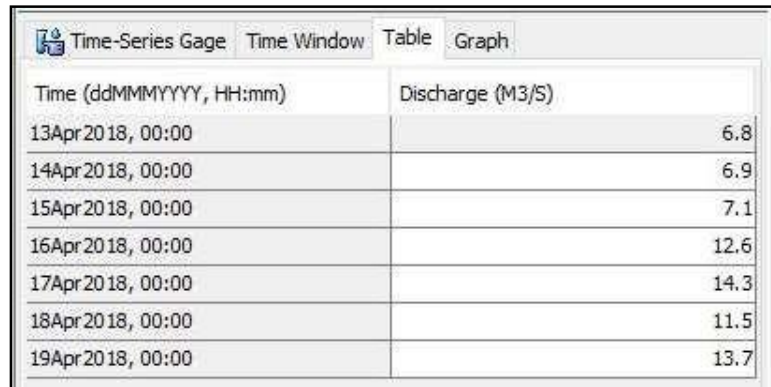
Gambar 28. Pengisian Waktu Mulai dan Waktu Selesai Data Hujan untuk Kalibrasi

Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
31Dec2017, 00:00	
01Jan2018, 00:00	0.0
02Jan2018, 00:00	9.5
03Jan2018, 00:00	5.5
04Jan2018, 00:00	0.0
05Jan2018, 00:00	0.0
06Jan2018, 00:00	26.0
07Jan2018, 00:00	5.0
08Jan2018, 00:00	0.0
09Jan2018, 00:00	7.0
10Jan2018, 00:00	24.5
11Jan2018, 00:00	0.0

Gambar 29. Pengisian Data Hujan untuk Kalibrasi

The screenshot shows a software interface for data management. The top part displays a tree view of folders: KALIBRASI 2018, Basin Models, Meteorologic Models, Time-Series Data, Precipitation Gages, and Discharge Gages. Under Discharge Gages, there is a folder named DEBIT SUNGAI TALAWAAN-BAJO, which contains two sub-folders representing time periods: 31Dec2017, 00:00 - 31Dec2018, 00:00 and 13Apr2018, 00:00 - 19Apr2018, 00:00. Below the tree view, there are buttons for Components, Compute, and Results. The bottom part of the interface shows a form for a specific gage, titled 'Gage Name: DEBIT SUNGAI TALAWAAN-BAJO'. The form has four input fields: *Start Date (ddMMYYYY) with value 13Apr2018, *Start Time (HH:mm) with value 00:00, *End Date (ddMMYYYY) with value 19Apr2018, and *End Time (HH:mm) with value 00:00. At the top of this form, there are tabs for Time-Series Gage, Time Window, Table, and Graph.

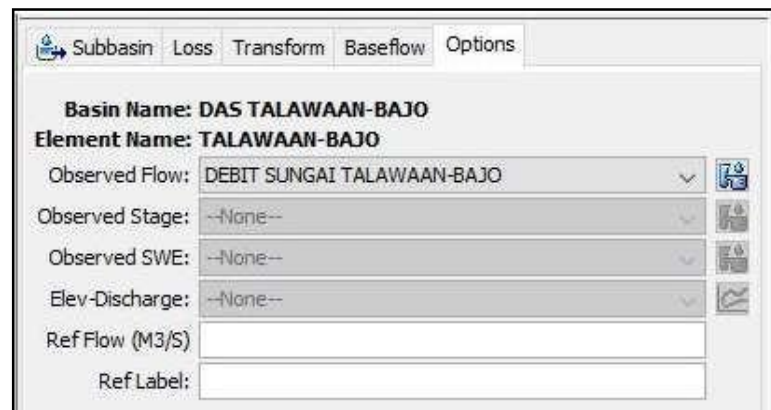
Gambar 30. Pengisian Waktu Mulai dan Waktu Selesai Data Debit untuk Kalibrasi



Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Discharge (M3/S)
13Apr2018, 00:00	6.8
14Apr2018, 00:00	6.9
15Apr2018, 00:00	7.1
16Apr2018, 00:00	12.6
17Apr2018, 00:00	14.3
18Apr2018, 00:00	11.5
19Apr2018, 00:00	13.7

Gambar 31. Pengisian Data Debit untuk Kalibrasi

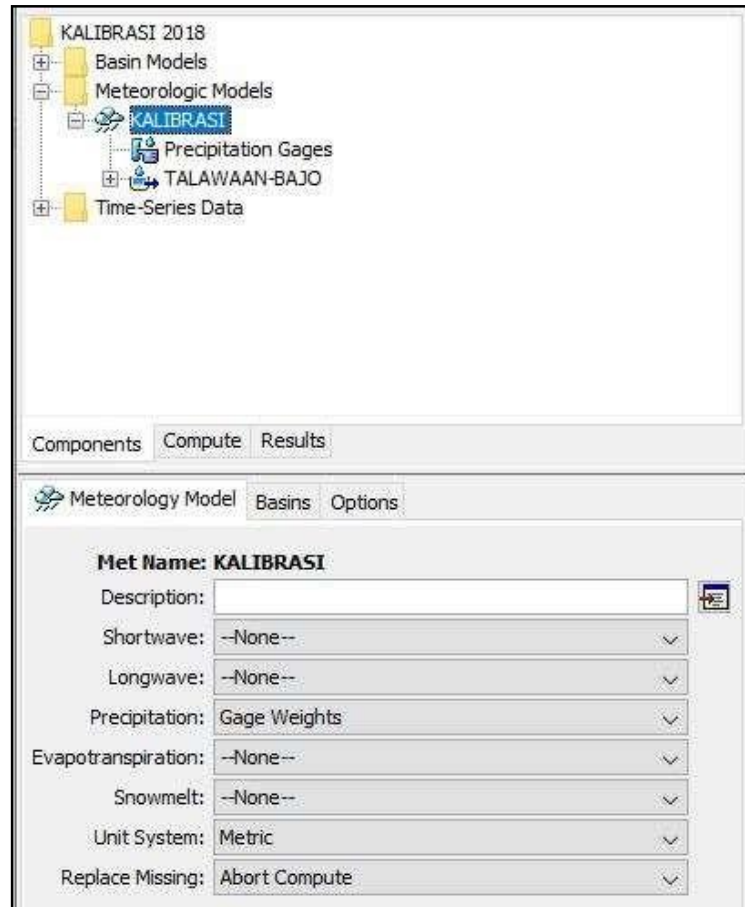
Keempat, pada *sub-Basin* bagian *Options* untuk *observed flow* dipilih “DEBIT SUNGAI TALAWAAN-BAJO”.



Gambar 32. Observed Flow dengan Data Debit Hasil Analisis Regional 13

April 2018 – 19 April 2018 (Debit Sungai Talawaan - Bajo)

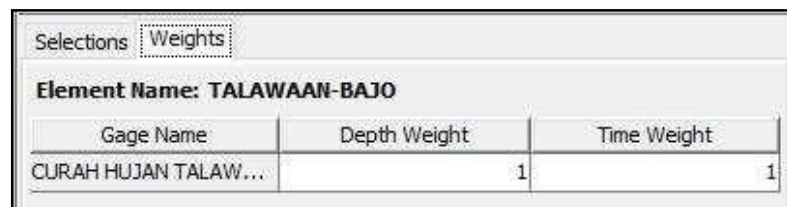
Kelima, pada komponen *Meteorologic Models* untuk perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode *gage weights* dengan menggunakan semua pos hujan dan mengisi persentase pos hujan terhadap DAS yang ditinjau.



Gambar 33. Komponen Meteorologic Models



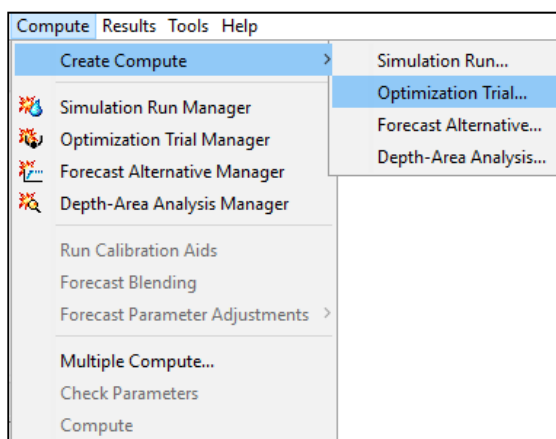
Gambar 34. Pemilihan Pos Hujan pada Komponen Meteorologic Models



Gambar 35. Pengisian Persentase Pengaruh Pos Hujan Terhadap DAS

Keenam, proses kalibrasi pada pilihan menu *Compute – Create Compute – Optimization Trial*. Kemudian, ditentukan nama kalibrasi, DAS (*Basin*) yang akan dikalibrasi, debit terukur yang akan digunakan dan *Meteorologic Model* yang

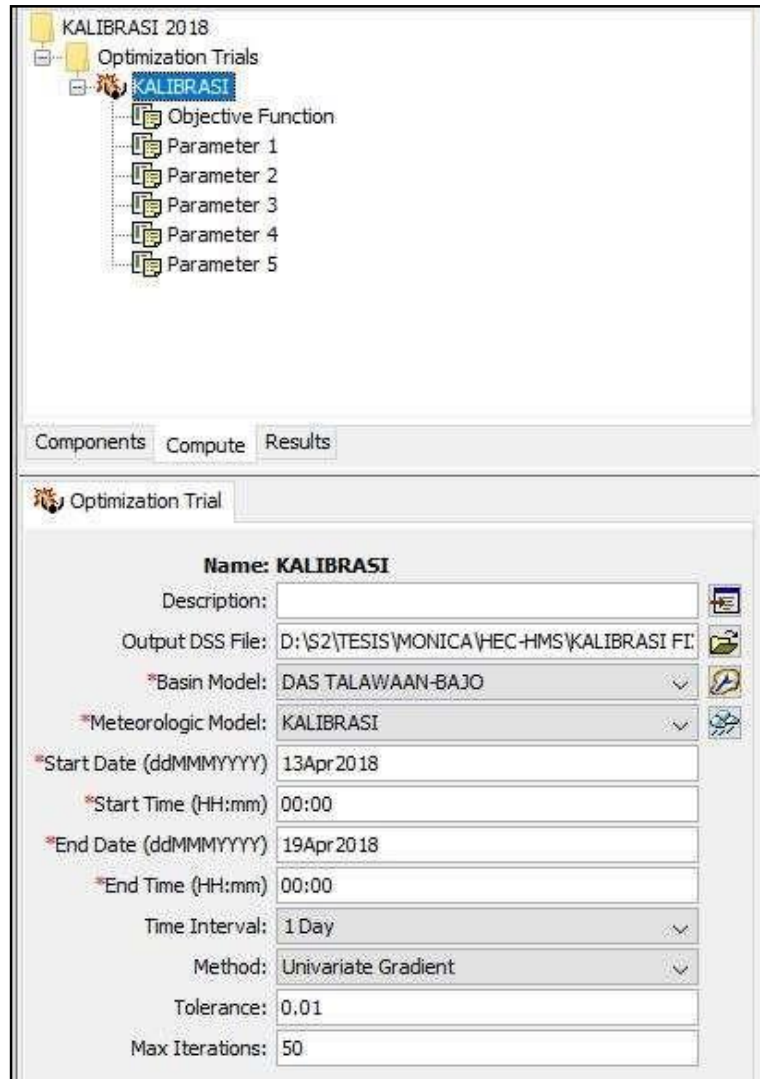
akan digunakan.



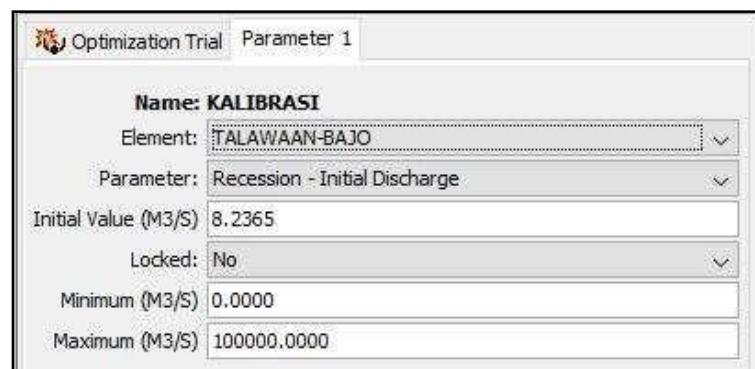
Gambar 36. Penambahan Perhitungan untuk Kalibrasi

Pada bagian *Compute*, ditentukan waktu mulai dan waktu selesai pada perhitungan *Optimization Trial* yang sudah ada. Waktu mulai dan waktu selesai kalibrasi diambil rentang waktu 13 April 2018 – 19 April 2018.

Kemudian menambahkan parameter-parameter yang akan dikalibrasi dan dipilih DAS TALAWAAN-BAJO sebagai DAS yang parameternya akan dikalibrasi. Parameter yang akan digunakan adalah *lag time*, *curve number*, *recession constant*, *baseflow* dan *ratio to peak*. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS.



Gambar 37. Penentuan Waktu Mulai dan Waktu Selesai Kalibrasi



Gambar 38. Pengisian Parameter *Baseflow*

Optimization Trial Parameter 2

Name: KALIBRASI

Element: TALAWAAN-BAJO

Parameter: Recession - Ratio to Peak

Initial Value 0 0.5

Locked: No

Minimum 0 0.0000

Maximum 0 1.0000

Gambar 39. Pengisian Parameter *Ratio to Peak*

Optimization Trial Parameter 3

Name: KALIBRASI

Element: TALAWAAN-BAJO

Parameter: Recession - Recession Constant

Initial Value 0 1

Locked: No

Minimum 0 0.0100

Maximum 0 1.0000

Gambar 40. Pengisian Parameter *Recession Constant*

Optimization Trial Parameter 4

Name: KALIBRASI

Element: TALAWAAN-BAJO

Parameter: SCS Curve Number - Curve Number

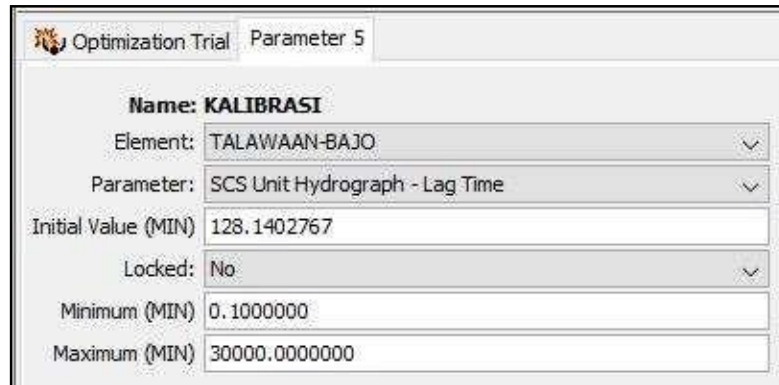
Initial Value 0 34.468

Locked: No

Minimum 0 35.000

Maximum 0 99.000

Gambar 41. Pengisian Parameter *Curve Number*



Gambar 42. Pengisian Parameter *Lag Time*

Ketujuh, melakukan proses kalibrasi dengan menjalankan perhitungan kalibrasi yang sudah dibuat. Berikut adalah rangkuman hasil perhitungan kalibrasi, hasil nilai parameter terkalibrasi dan grafik yang menampilkan debit hasil hitungan dan debit terukur.



Gambar 43. Rangkuman Hasil Kalibrasi

Optimized Parameter Results for Trial "KALIBRASI"

Project: KALIBRASI 2018 Optimization Trial: KALIBRASI

Start of Trial: 13Apr2018, 00:00 Basin Model: DAS TALAWAAN-BAJO
 End of Trial: 19Apr2018, 00:00 Meteorologic Model: KALIBRASI
 Compute Time: 30May2020, 03:29:14

Element	Parameter	Units	Initial Value	Optimized Value	Objective Function Sensitivity
TALAWAAN-BAJO	Recession - Initial Discharge	M3/S	8.2365	8.3912	-0.14
TALAWAAN-BAJO	Recession - Ratio to Peak		0.5	0.50000	0.00
TALAWAAN-BAJO	Recession - Recession Constant		1	1.00000	-3.42
TALAWAAN-BAJO	SCS Curve Number - Curve Number		34.468	40.535	-1.55
TALAWAAN-BAJO	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	128.1402767	128.14	0.00

Gambar 44. Parameter Teroptimasi Hasil Kalibrasi DAS Talawaan - Bajo



Gambar 45. Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Hasil kalibrasi menunjukkan nilai *Nash Sutcliffe Efficiency (NSE)* yang memenuhi yaitu **0,523**, dimana kriteria nilai *NSE* terdapat pada tabel berikut:

Tabel 26. Kriteria Nilai *Nash Sutcliffe Efficiency*

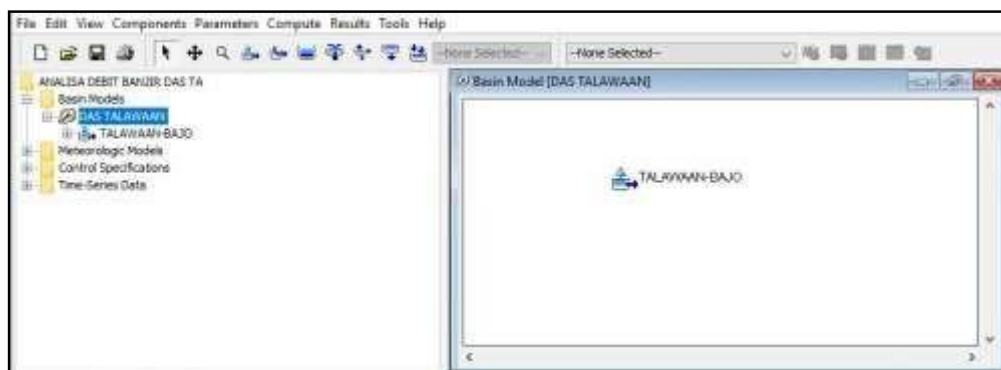
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak Memenuhi

Sumber: "Meruntu Philips, 2019"

Simulasi Debit Banjir dengan Program HEC-HMS

Pada perhitungan debit banjir, parameter komponen sub-DAS yang digunakan adalah parameter terkalibrasi.

Pertama, membuat *project* HEC-HMS yang baru. Kemudian tambahkan komponen DAS melalui *Basin Model Manager*, kemudian dibuat sub-DAS dengan *Subbasin Creation Tool*.



Gambar 46. Membuat Elemen Sub-DAS untuk Analisis Debit Banjir

Kedua, memasukkan parameter DAS terkalibrasi yaitu luas DAS, *Loss Method* yang digunakan adalah *SCS Curve Number*, dan *Transform Method* yang digunakan adalah *SCS Unit Hydrograph*.

Subbasin		Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name:	DAS TALAWAAN				
Element Name:	TALAWAAN-BAJO				
Description:	<input type="text"/>				
Downstream:	--None--				
Area (KM2)	128.95				
Latitude Degrees:	<input type="text"/>				
Latitude Minutes:	<input type="text"/>				
Latitude Seconds:	<input type="text"/>				
Longitude Degrees:	<input type="text"/>				
Longitude Minutes:	<input type="text"/>				
Longitude Seconds:	<input type="text"/>				
Canopy Method:	--None--				
Surface Method:	--None--				
Loss Method:	SCS Curve Number				
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph				
Baseflow Method:	Recession				

Gambar 47. Metode Perhitungan yang Dipilih dan Data sub-DAS yang

Dimasukkan

Subbasin	Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name: DAS TALAWAAN				
Element Name: TALAWAAN-BAJO				
Initial Abstraction (MM)				
*Curve Number: 40.535				
*Impervious (%): 0.0				

Gambar 48. Pengisian Nilai *Curve Number* Terkalibrasi

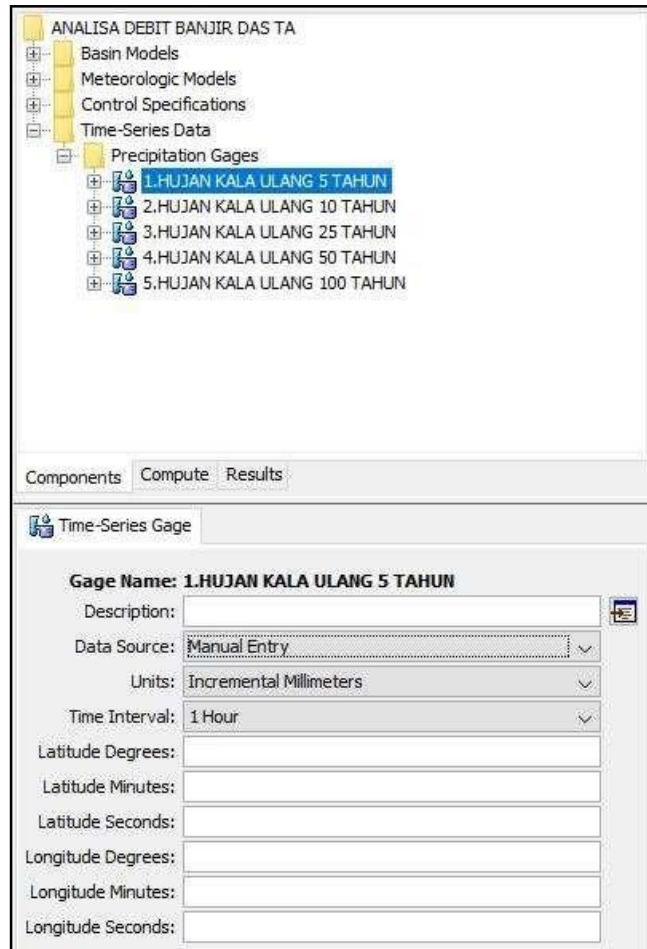
Subbasin	Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name: DAS TALAWAAN				
Element Name: TALAWAAN-BAJO				
Graph Type: Standard (PRF 484)				
*Lag Time (MIN): 128.14				

Gambar 49. Pengisian Nilai *Lag Time* Terkalibrasi

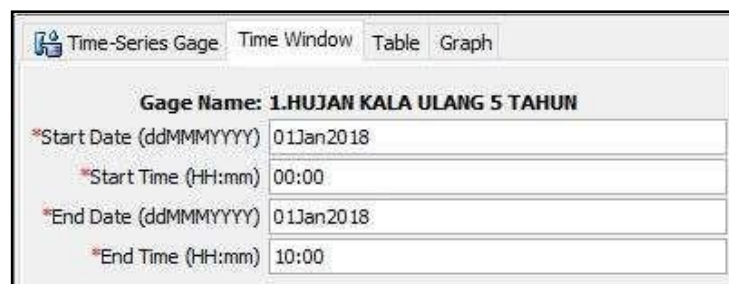
Subbasin	Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name: DAS TALAWAAN				
Element Name: TALAWAAN-BAJO				
Initial Type: Discharge				
*Initial Discharge (M3/S): 8.3912				
*Recession Constant: 1.00000				
Threshold Type: Ratio To Peak				
*Ratio: 0.50000				

Gambar 50. Pengisian Nilai Debit Normal, *Recession Constant*, dan *Threshold Ratio* Terkalibrasi

Ketiga, menambahkan komponen data berdasarkan waktu (*Time-Series Data*) yang merupakan data hujan untuk perhitungan kala ulang 5 tahun, kala ulang 10 tahun, kala ulang 25 tahun, kala ulang 50 tahun, dan kala ulang 100 tahun.



Gambar 51. Komponen Data Berdasarkan Waktu (*Time-Series Data*) dan Pemilihan Satuan Data Hujan



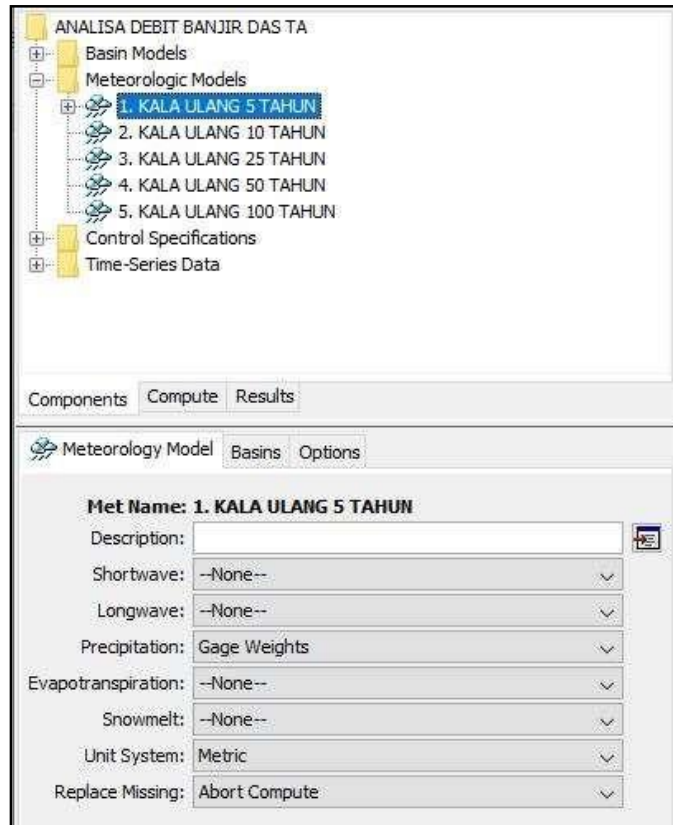
Gambar 52. Pengisian Waktu Mulai dan Waktu Selesai Hujan

Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
01Jan2018, 00:00	
01Jan2018, 01:00	0.00
01Jan2018, 02:00	77.29
01Jan2018, 03:00	31.49
01Jan2018, 04:00	11.45
01Jan2018, 05:00	8.59
01Jan2018, 06:00	4.29
01Jan2018, 07:00	1.43
01Jan2018, 08:00	4.29
01Jan2018, 09:00	4.29
01Jan2018, 10:00	0.00

Gambar 53. Pengisian Data Hujan

Hujan rencana terjadi selama 8 jam sehingga data hujan setelah jam ke-8 diisi nilai 0. Hasil hidrograf debit akan mengikuti selang waktu dari komponen hujan.

Keempat, komponen meteorologis ditambahkan. Komponen meteorologis dibagi berdasarkan jumlah kala ulang yang akan dihitung karena data curah hujan sudah dalam bentuk hujan rata – rata. Kemudian dipilih metode perhitungan curah hujan.



Gambar 54. Komponen Meteorologis dan Metode Perhitungan Curah Hujan

Berdasarkan luas daerah layanan pos hujan terhadap DAS yang ditinjau maka metode perhitungan curah hujan digunakan metode *gage weights*. Pada bagian *Gage Selections* dalam elemen *Gage Weights* dipilih data hujan yang sesuai dengan nama *meteorologic model*-nya.

Gage Name	Use Gage
1.HUJAN KALA ULANG 5 TAHUN	Yes
2.HUJAN KALA ULANG 10 TAHUN	No
3.HUJAN KALA ULANG 25 TAHUN	No
4.HUJAN KALA ULANG 50 TAHUN	No
5.HUJAN KALA ULANG 100 TAHUN	No

Gambar 55. Pemilihan Data Hujan untuk *Gage Weight* Pada *Meteorologic*

Model

Pada bagian *Weights*, *Depth Weight* dan *Time Weight* diisi dengan angka 1 (satu) karena hanya ada 1 data hujan yang digunakan.

Selections Weights		
Element Name: TALAWAAN-BAJO		
Gage Name	Depth Weight	Time Weight
1.HUJAN KALA ULANG ...	1	1

Gambar 56. Pengisian Nilai *Depth Weight* dan *Time Weight*

Kelima, tambahkan komponen *Control Specifications* untuk menentukan waktu dan selang waktu pada hasil perhitungan debit yang sesuai dengan waktu mulai dan waktu selesai dari data hujan rencana. Untuk waktu mulai diambil satu jam lebih lambat karena pada data hujan tidak terdapat nilai pada jam pertama hujan.

Control Specifications	
Name: Control 1	
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	01Jan2018
*Start Time (HH:mm)	01:00
*End Date (ddMMYYYY)	01Jan2018
*End Time (HH:mm)	10:00
Time Interval:	1 Hour

Gambar 57. Pengisian Data *Control Specifications*

Dengan data setiap komponen yang sudah lengkap, simulasi dilakukan dengan menambahkan jenis simulasi berdasarkan kala ulang yang akan dihitung pada *simulation run manager*.

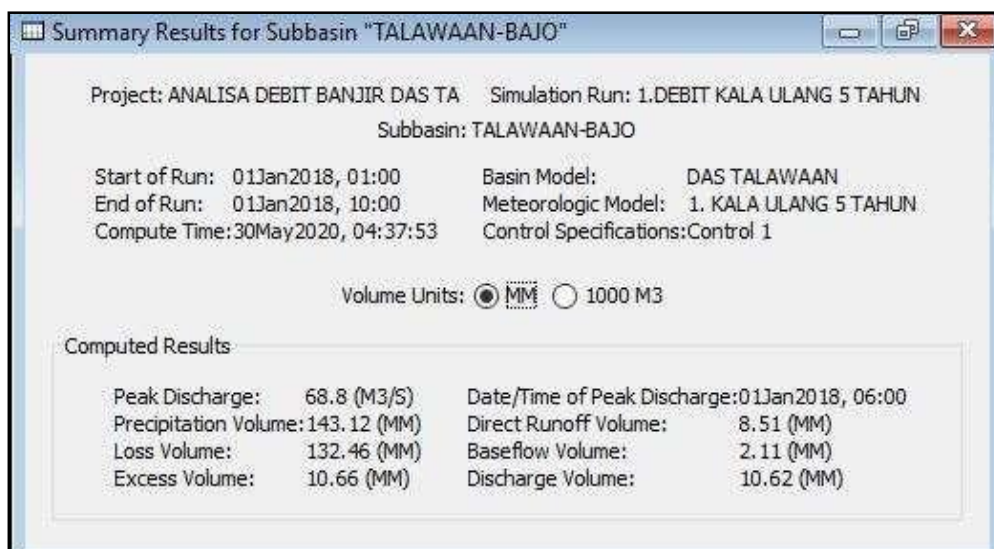


Gambar 58. Simulasi Berdasarkan Kala Ulang Rencana

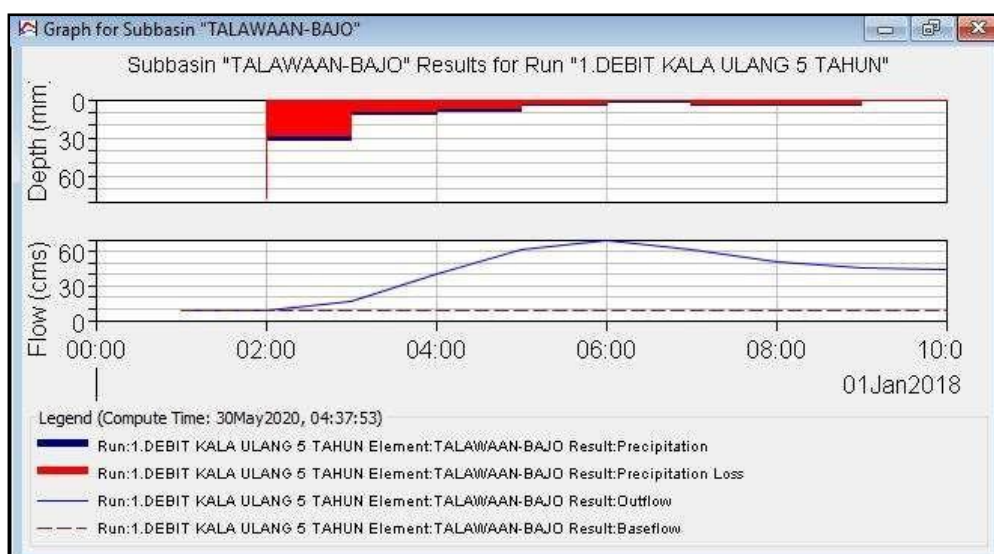
Berikut adalah hasil simulasi setiap kala ulang :

- Kala ulang 5 Tahun

Debit puncak yang dihasilkan sebesar $68,8 \text{ m}^3/\text{det}$.



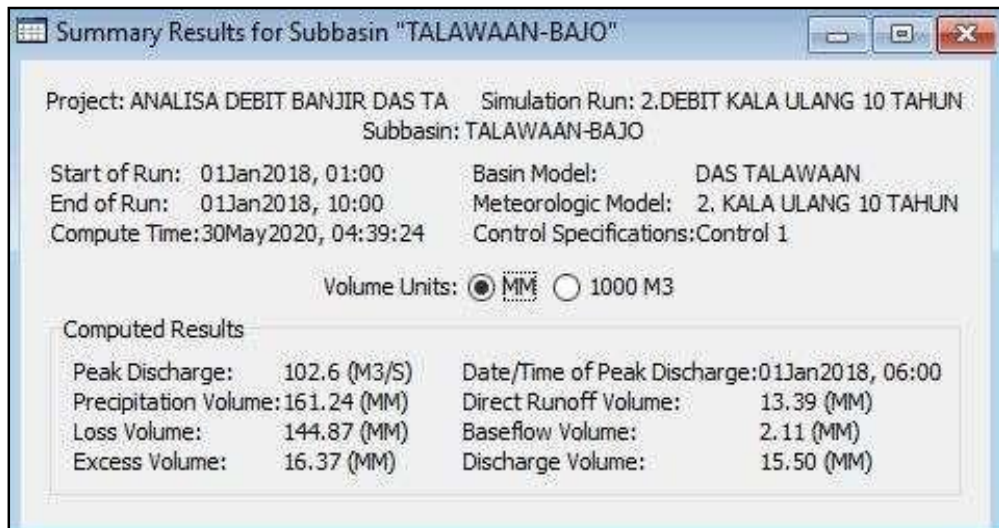
Gambar 59. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



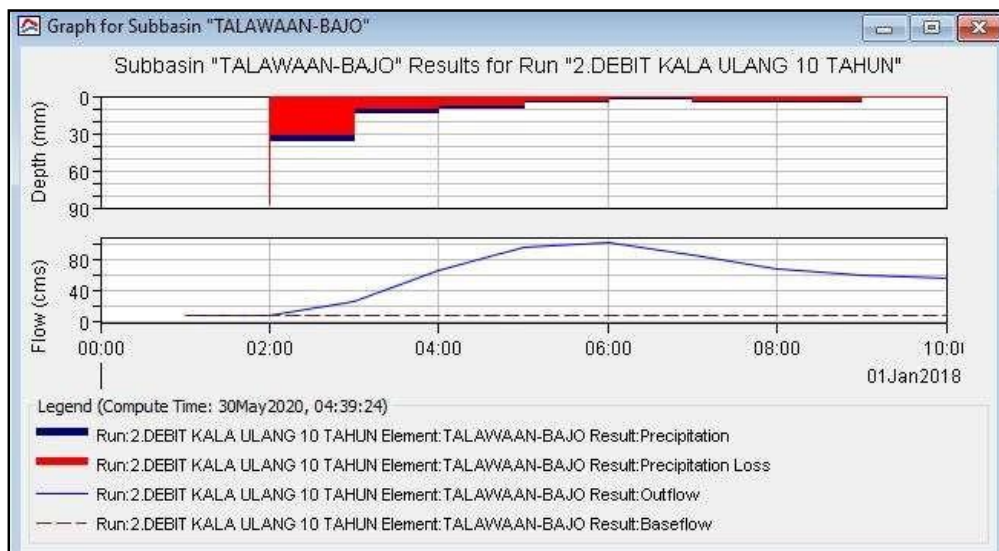
Gambar 60. Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 5 Tahun

- Kala ulang 10 Tahun

Debit puncak yang dihasilkan sebesar $102,6 \text{ m}^3/\text{det}$.



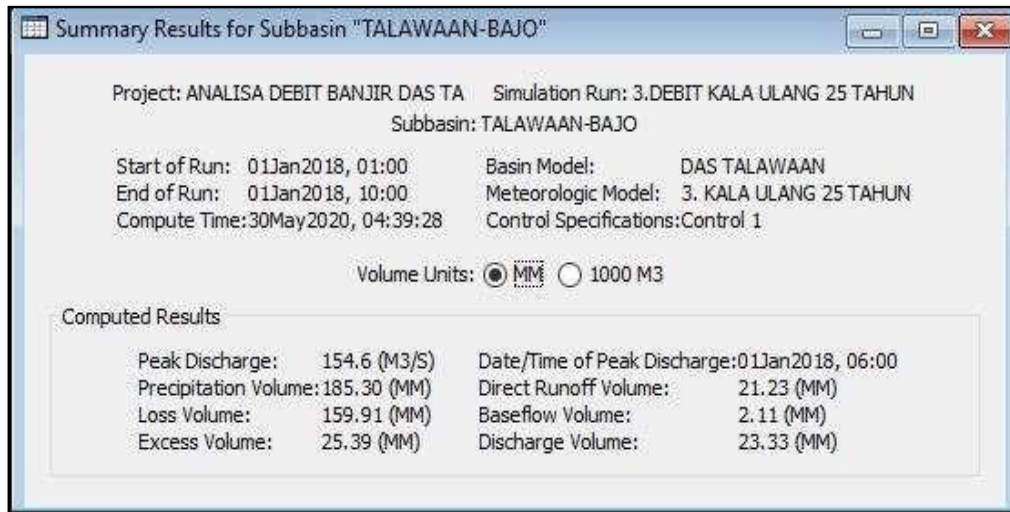
Gambar 61. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



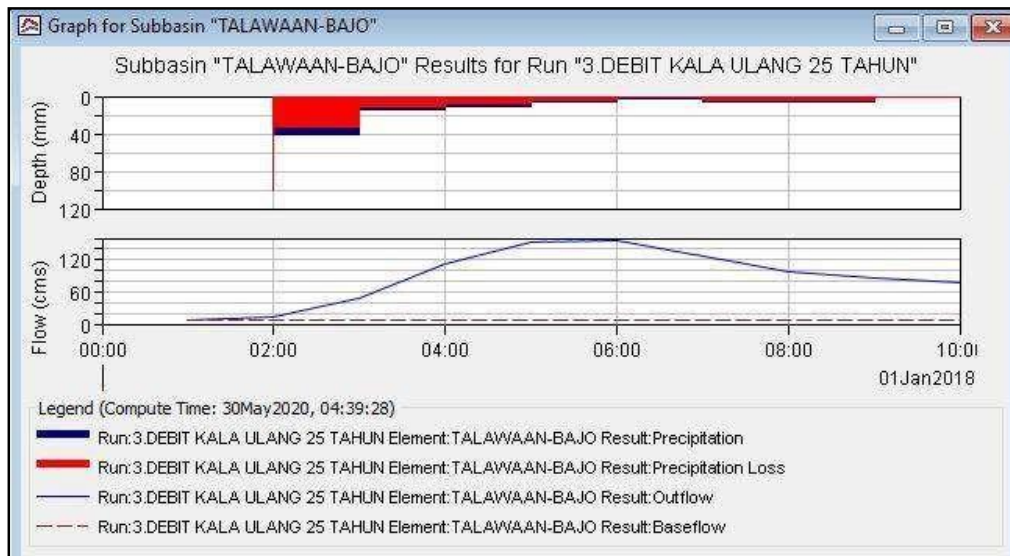
Gambar 62. Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 10 Tahun

- Kala ulang 25 Tahun

Debit puncak yang dihasilkan sebesar $154,6 \text{ m}^3/\text{det}$.



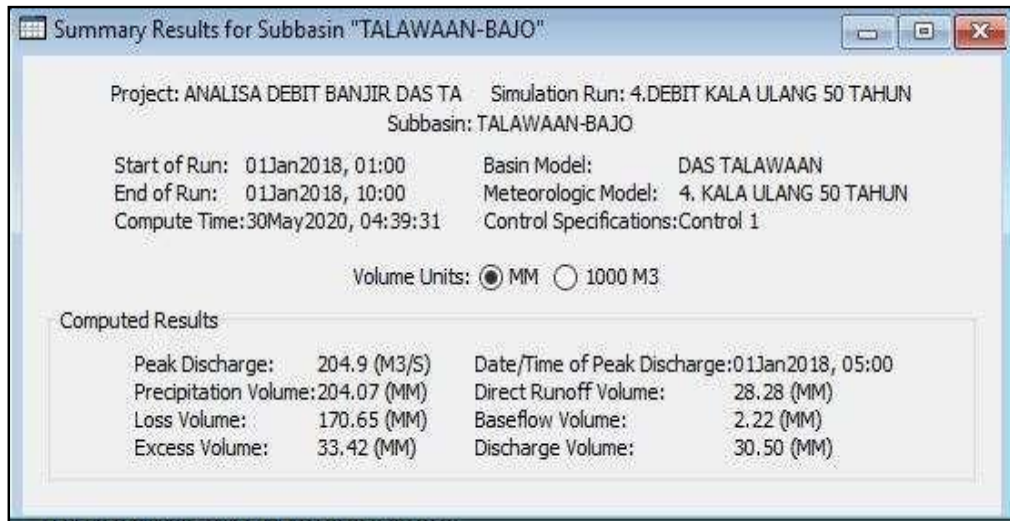
Gambar 63. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



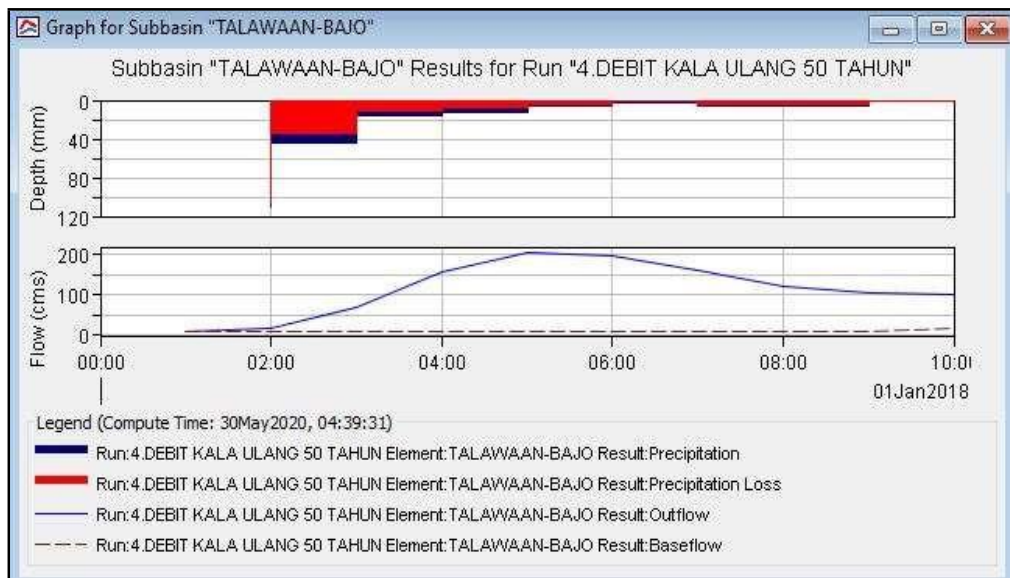
Gambar 64. Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 25 Tahun

- Kala ulang 50 Tahun

Debit puncak yang dihasilkan sebesar $204,9 \text{ m}^3/\text{det}$.



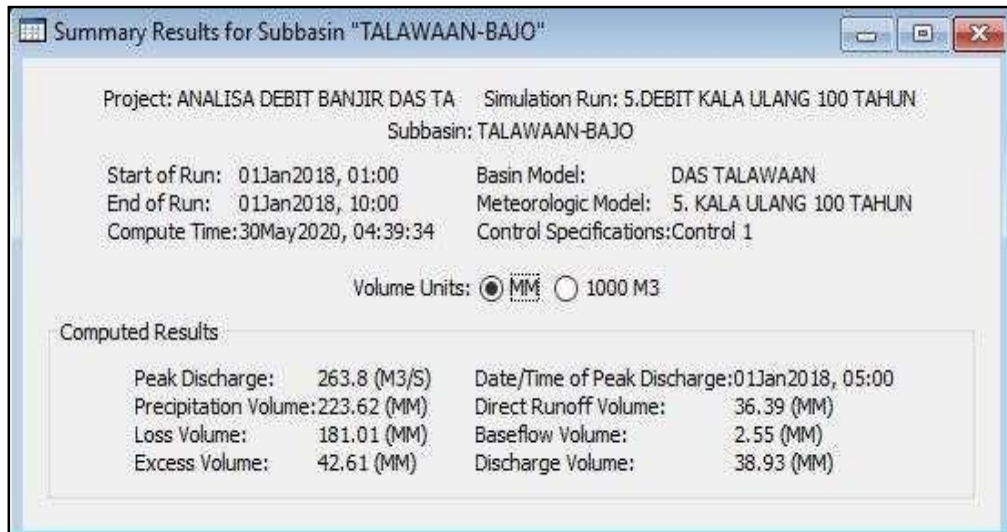
Gambar 65. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



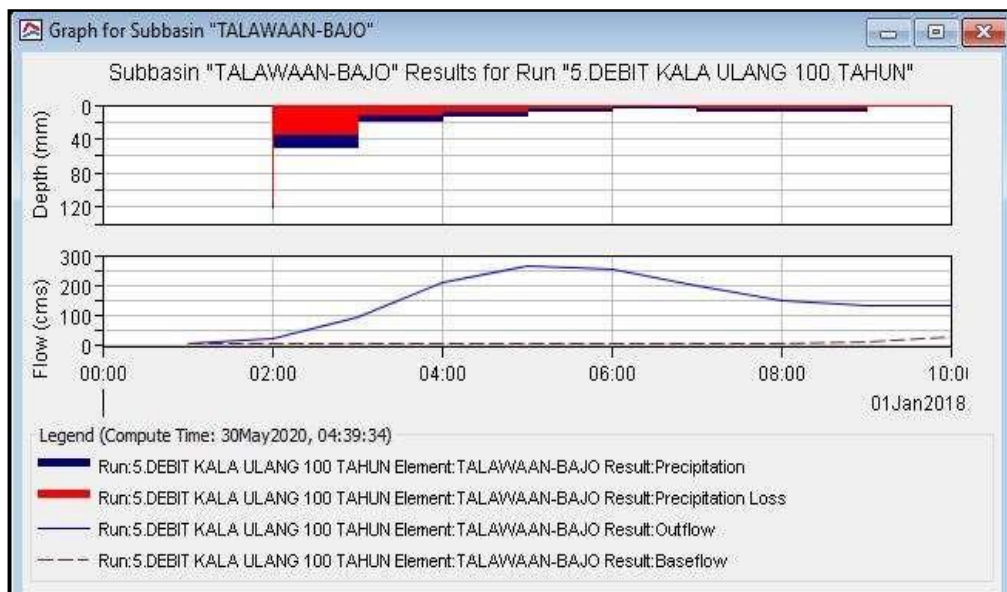
Gambar 66. Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 50 Tahun

- Kala ulang 100 Tahun

Debit puncak yang dihasilkan sebesar $263,8 \text{ m}^3/\text{det}$.



Gambar 67. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun



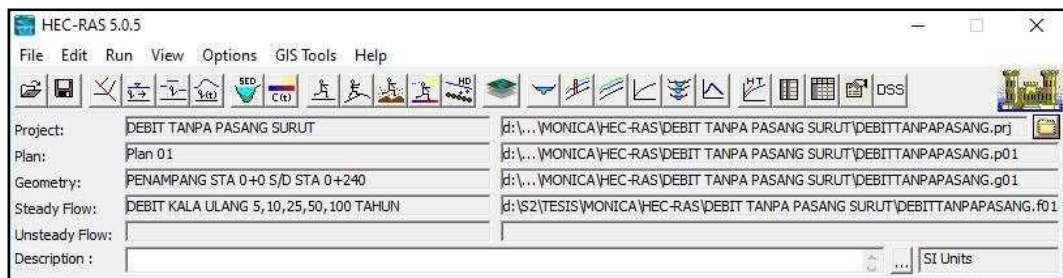
Gambar 68. Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 100 Tahun

A. Analisis Tinggi Muka Air Tanpa Pengaruh Pasang Surut

Program HEC-RAS akan digunakan untuk analisis tinggi muka air tanpa pengaruh pasang surut. Data yang dibutuhkan adalah penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *Manning*, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*). Data penampang sungai diambil sejauh 240 m dari muara sungai Talawaan-Bajo.

Input Data pada Program HEC-RAS

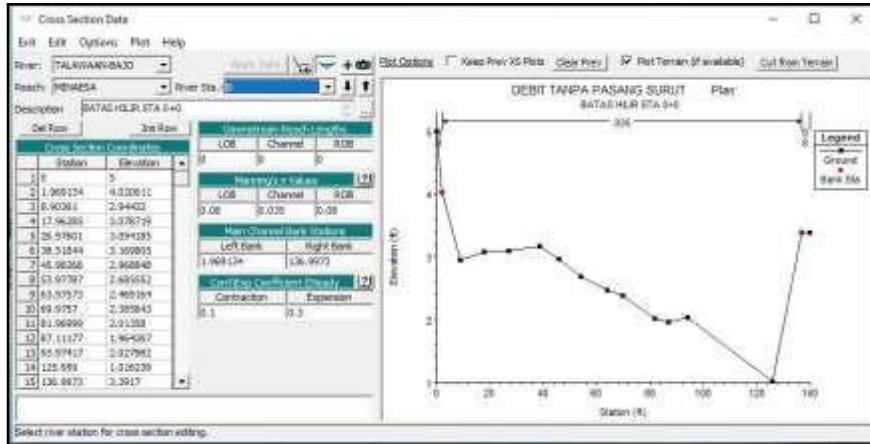
Pada *file* baru dalam program komputer HEC-RAS yang pertama dilakukan adalah memasukkan data penampang melintang (*Cross Section*) sungai Talawaan - Bajo pada bagian *View/Edit geometric data*.



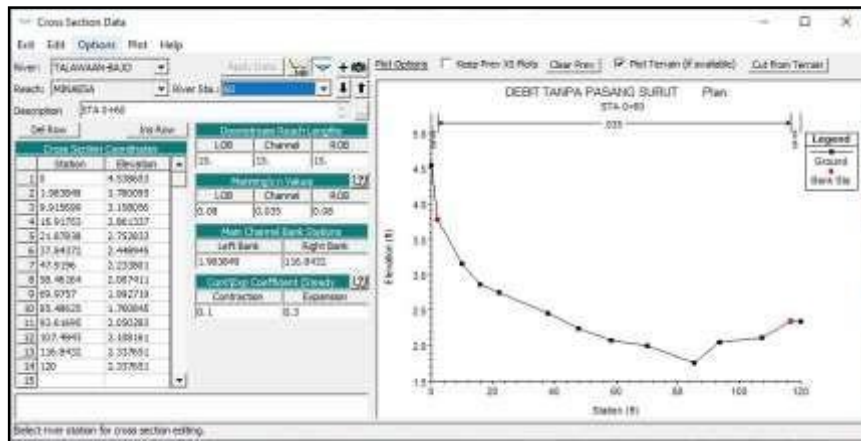
Gambar 69. Menambahkan Data Geometri Sungai Talawaan - Bajo

Pada Tampilan *View/Edit geometric data* dibuat dahulu sungai pada bagian *River Reach*. Kemudian, tambahkan penampang melintang pada bagian *Cross Section*.

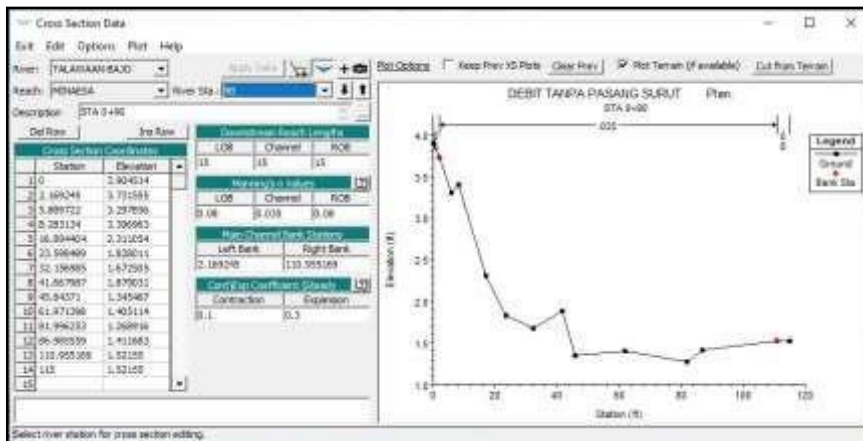
Dengan mengikuti gambar letak penampang, maka gambar penampang melintang untuk sta 0 + 0, 0 + 15, 0 + 25, 0 + 45, 0 + 60, 0 + 75, 0 + 90, 0 + 105, 0 + 115, 0 + 135, 0 + 145, 0 + 155, 0 + 165, 0 + 185, 0 + 210, 0 + 225, 0 + 240.



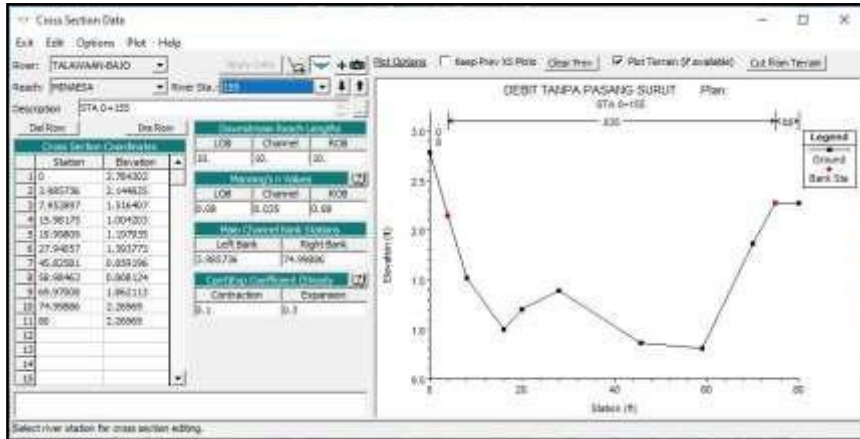
Gambar 70. Data Penampang Melintang Sta 0 + 0 m



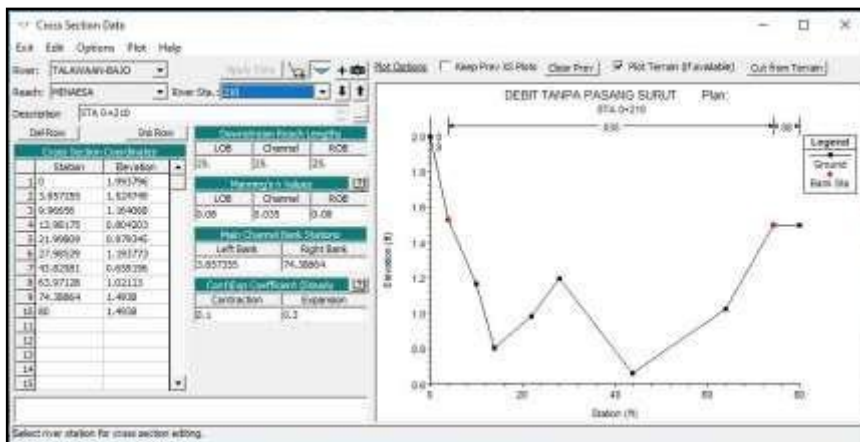
Gambar 71. Data Penampang Melintang Sta 0 + 60 m



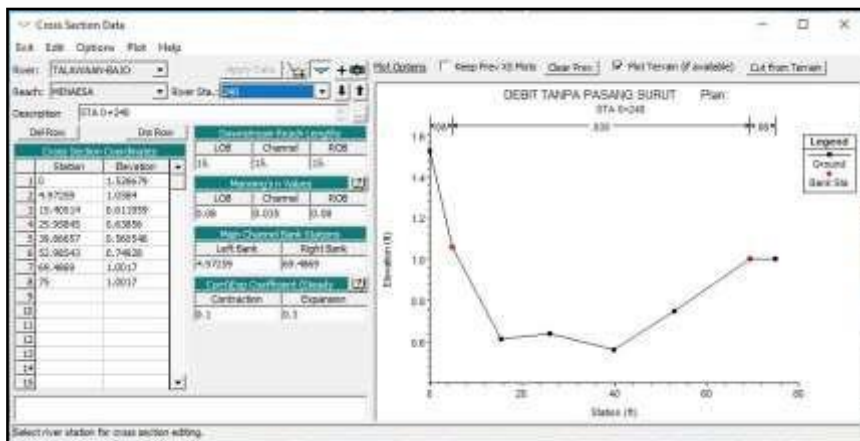
Gambar 72. Data Penampang Melintang Sta 0 + 90 m



Gambar 73. Data Penampang Melintang Sta 0 + 155 m

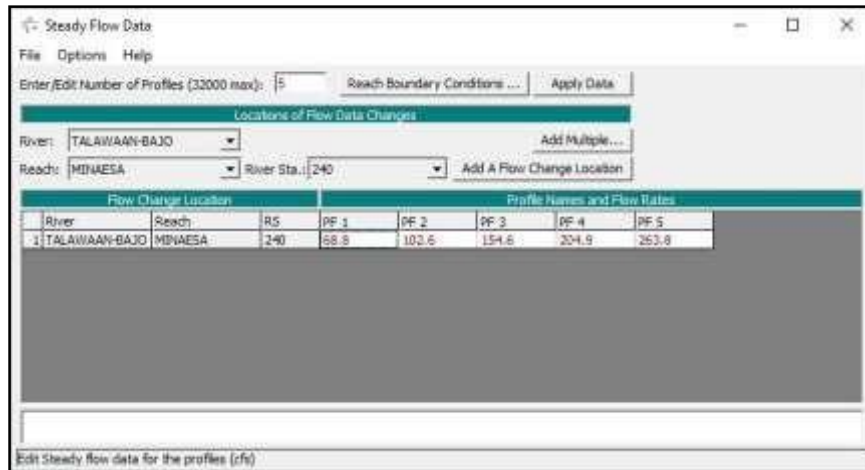


Gambar 74. Data Penampang Melintang Sta 0 + 210 m

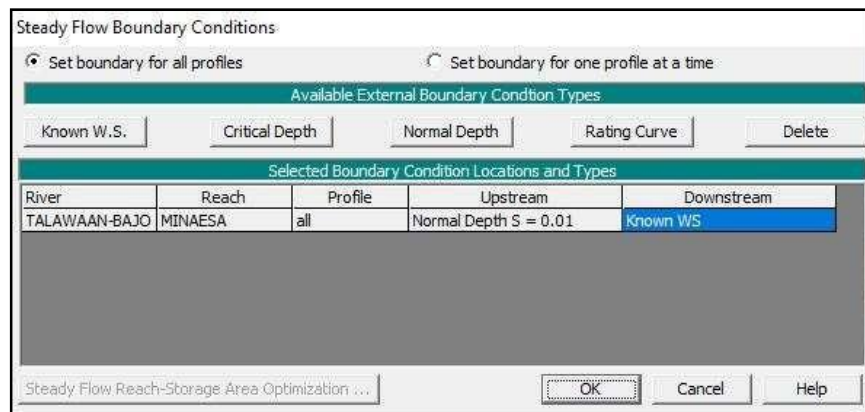


Gambar 75. Data Penampang Melintang Sta 0 + 240 m

Input data debit ke dalam program komputer HEC-RAS. Untuk analisis aliran langgeng atau *Steady Flow* akan digunakan data debit puncak untuk tiap kala ulang hasil perhitungan dari program komputer HEC-HMS.

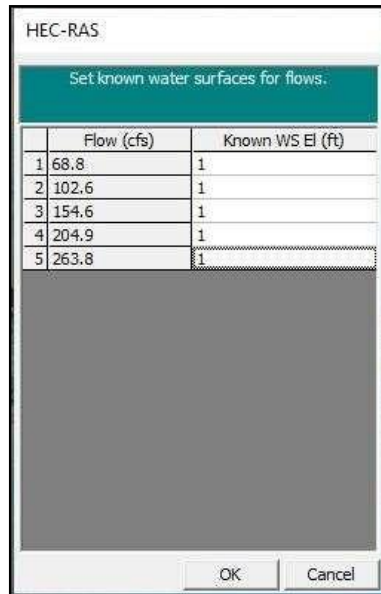


Gambar 76. Pengisian Data Debit



Gambar 77. Pengisian Reach Boundary Conditions

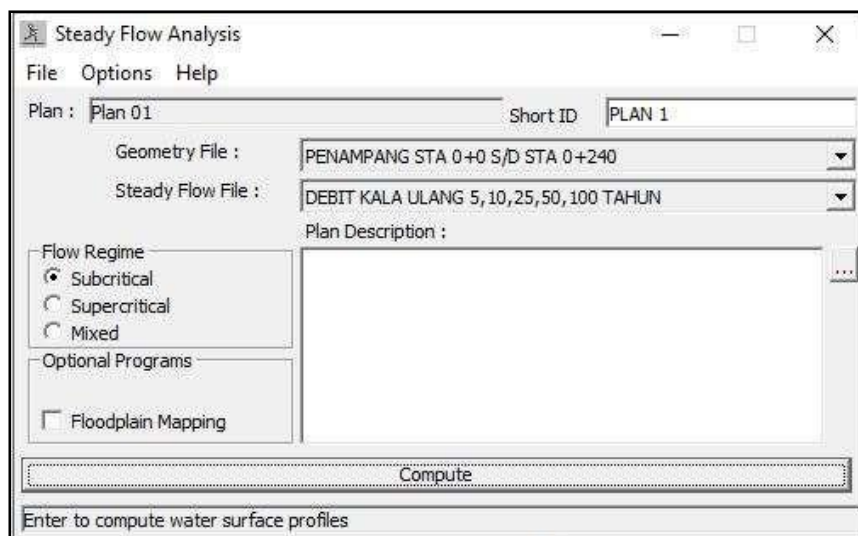
Syarat batas (*boundary condition*) di hilir “Known WS” diisi “1”, maka HEC-RAS menetapkan muka air batas hilir pada posisi elevasi +1m.



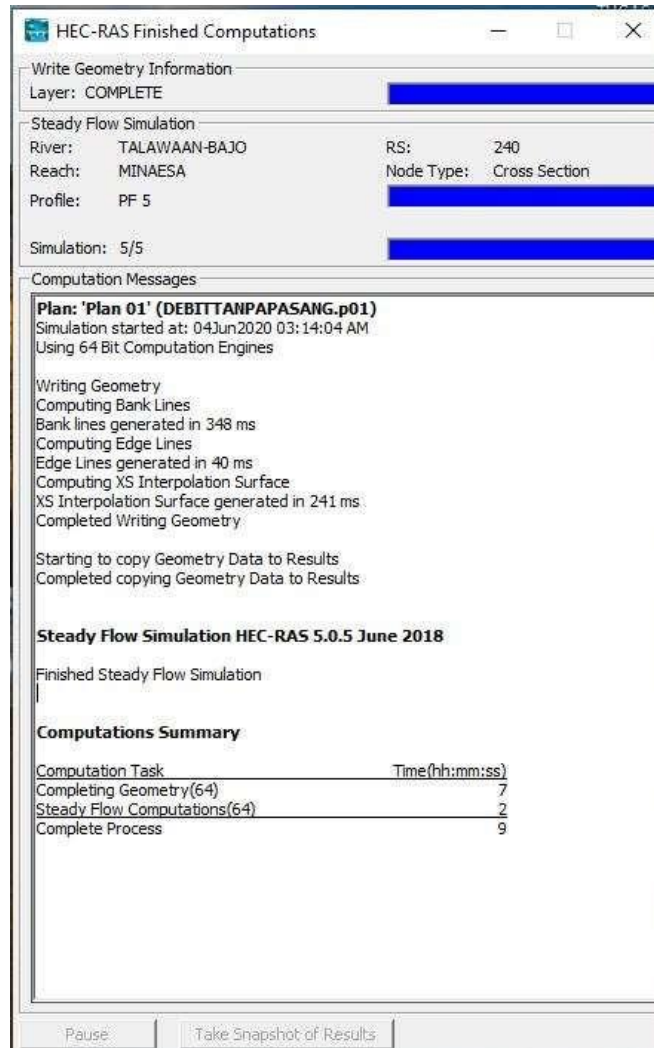
Gambar 78. Pengisian *Known WS*

3. Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program HEC-RAS

Simulasi dilakukan dengan masuk pada tampilan *Perform a steady flow simulation*. Pengaturan untuk simulasi hanya memasukkan nama simulasi yaitu “*Plan 01*” pada pojok kanan atas dan memilih *subcritical* sebagai asumsi untuk *Flow Regime* karena berdasarkan observasi lapangan, aliran sungai Talawaan - Bajo pada lokasi penelitian termasuk aliran yang tenang dengan kelandaian yang kecil.

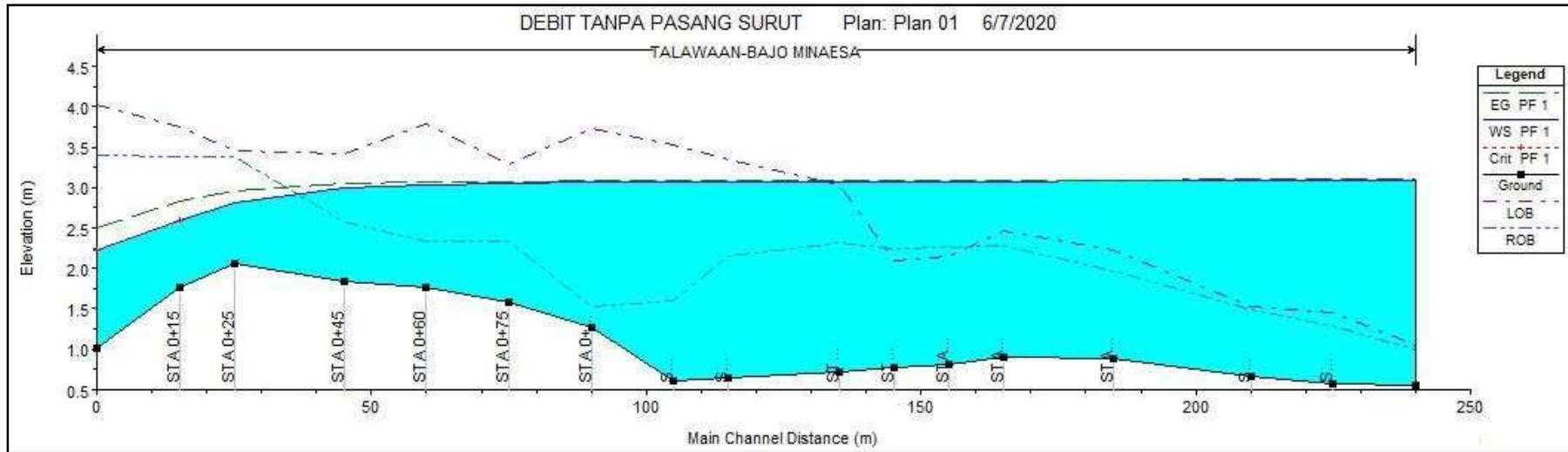


Gambar 79. Tampilan Simulasi *Steady Flow*



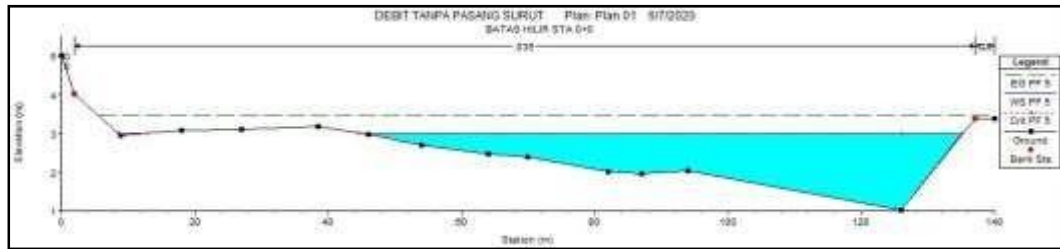
Gambar 80. Tampilan Selesai Simulasi

- Kala Ulang 5 Tahun

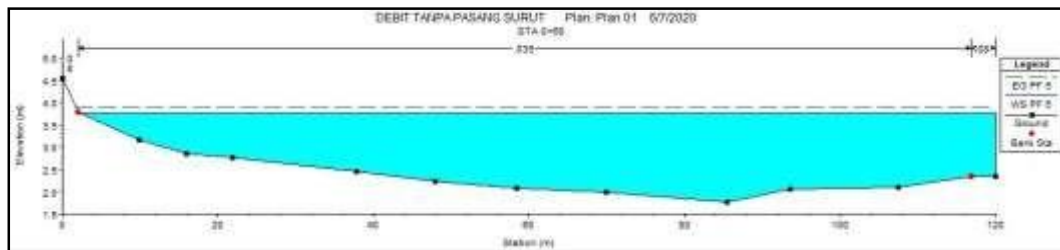


Gambar 81. Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Kala Ulang 5 Tahun

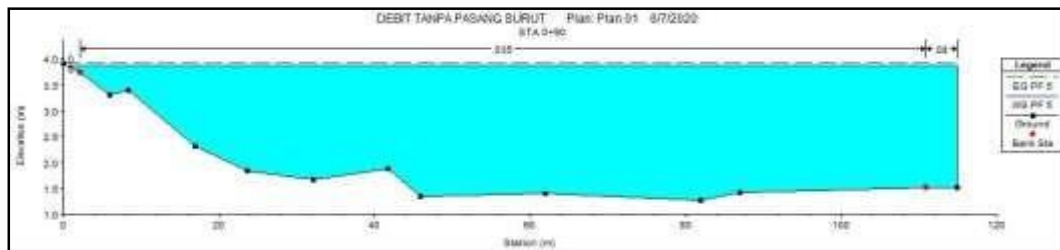
- Kala Ulang 100 Tahun



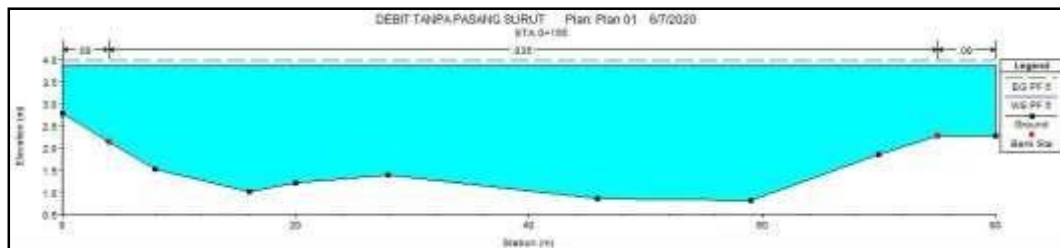
Gambar 82. Tinggi Muka Air Sta 0 + 0 m Kala Ulang 100 Tahun



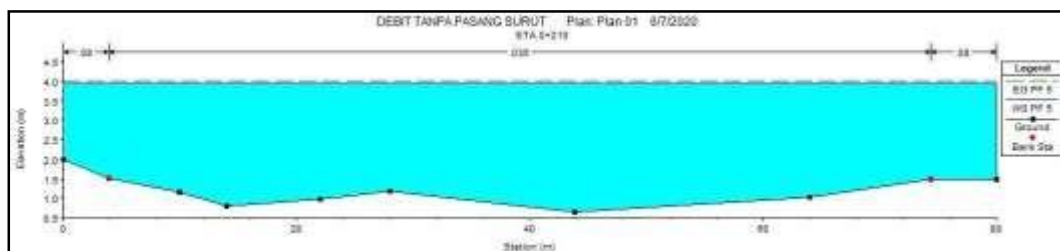
Gambar 83. Tinggi Muka Air Sta 0 + 60 m Kala Ulang 100 Tahun



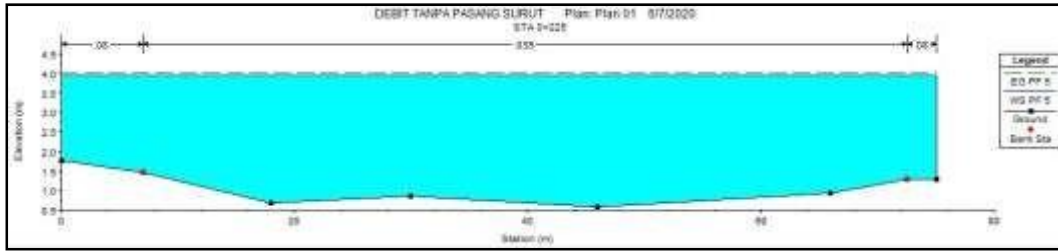
Gambar 84. Tinggi Muka Air Sta 0 + 90 m Kala Ulang 100 Tahun



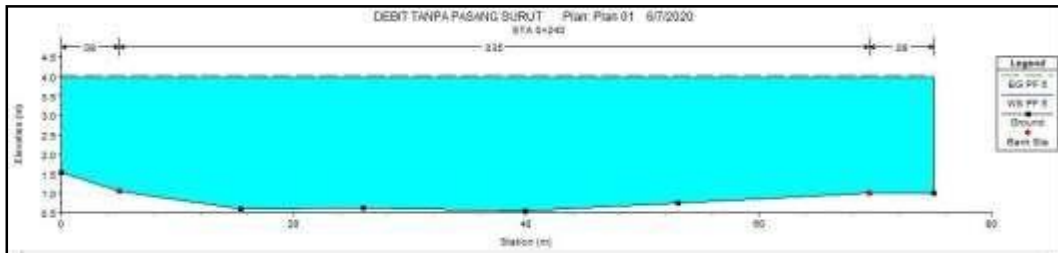
Gambar 85. Tinggi Muka Air Sta 0 + 150 m Kala Ulang 100 Tahun



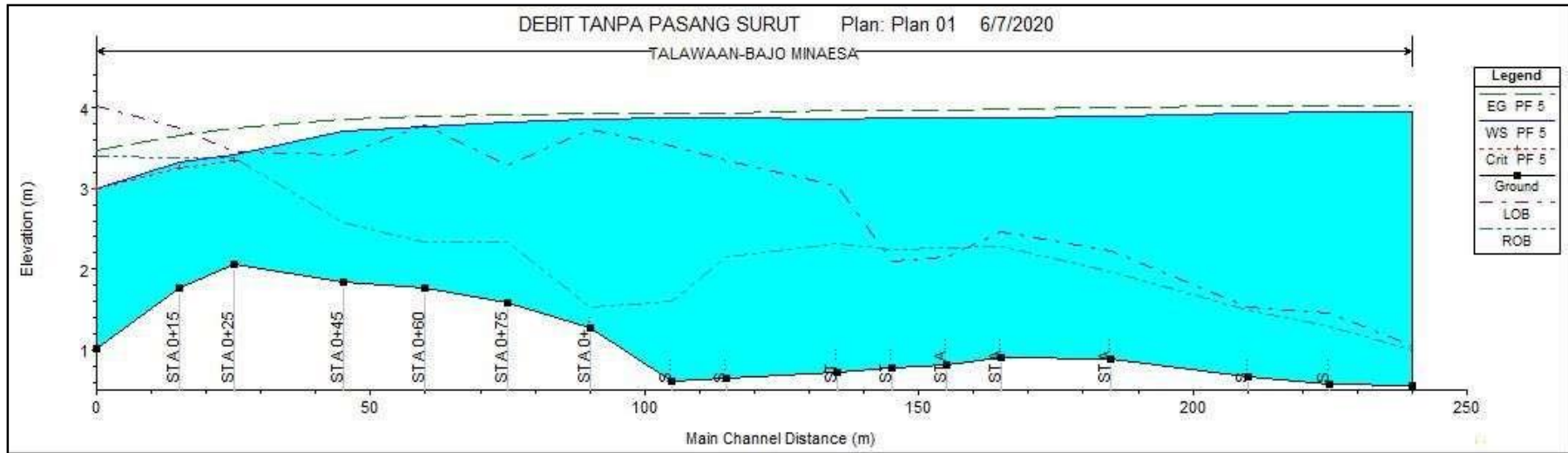
Gambar 86. Tinggi Muka Air Sta 0 + 210 m Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 86. Tinggi Muka Air Sta 0 + 225 m Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 87. Tinggi Muka Air Sta 0 + 240 m Kala Ulang 100 Tahun

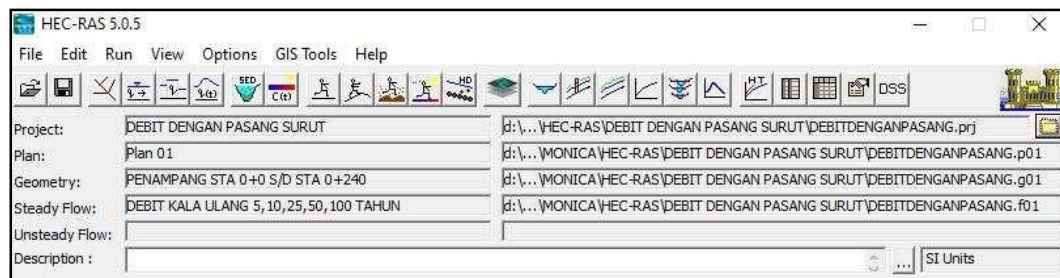


Gambar 88. Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Kala Ulang 100 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air Dengan Pengaruh Pasang Surut

Input Data pada Program HEC-RAS

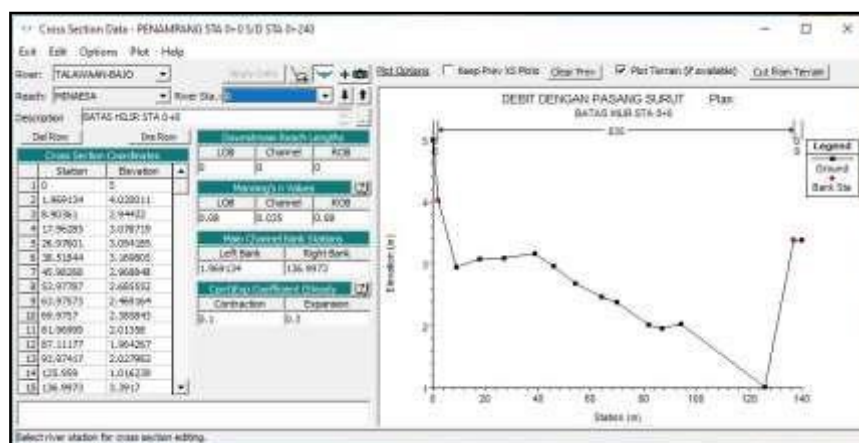
Pada *file* baru dalam program komputer HEC-RAS yang pertama dilakukan adalah memasukkan data penampang melintang (*Cross Section*) sungai Talawaan - Bajo pada bagian *View/Edit geometric data*.



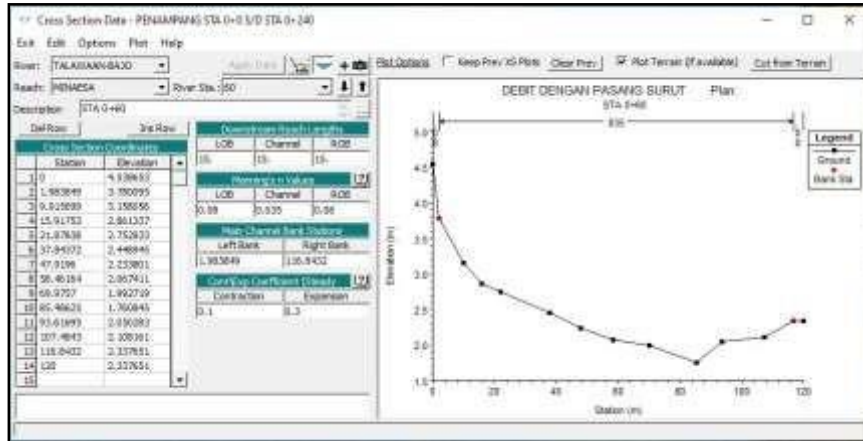
Gambar 89. Menambahkan Data Geometri Sungai Talawaan - Bajo

Pada Tampilan *View/Edit geometric data* dibuat dahulu sungai pada bagian *River Reach*. Kemudian, tambahkan penampang melintang pada bagian *Cross Section*.

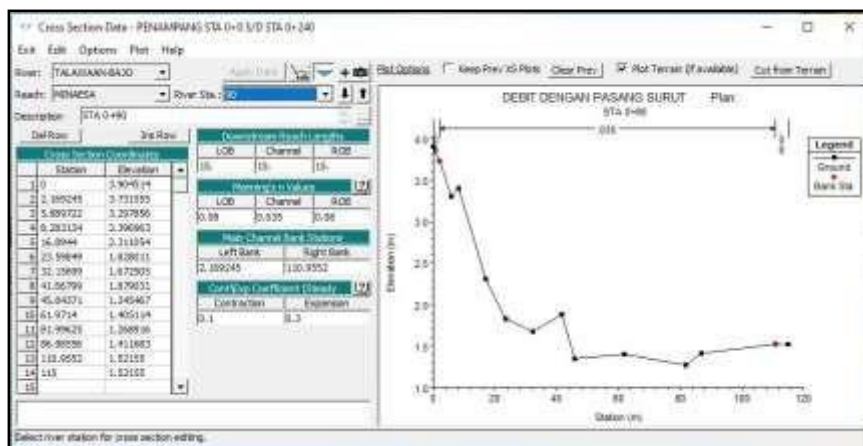
Dengan mengikuti gambar letak penampang, maka gambar penampang melintang untuk sta 0 + 0, 0 + 15, 0 + 25, 0 + 45, 0 + 60, 0 + 75, 0 + 90, 0 + 105, 0 + 115, 0 + 135, 0 + 145, 0 + 155, 0 + 165, 0 + 185, 0 + 210, 0 + 225, 0 + 240.



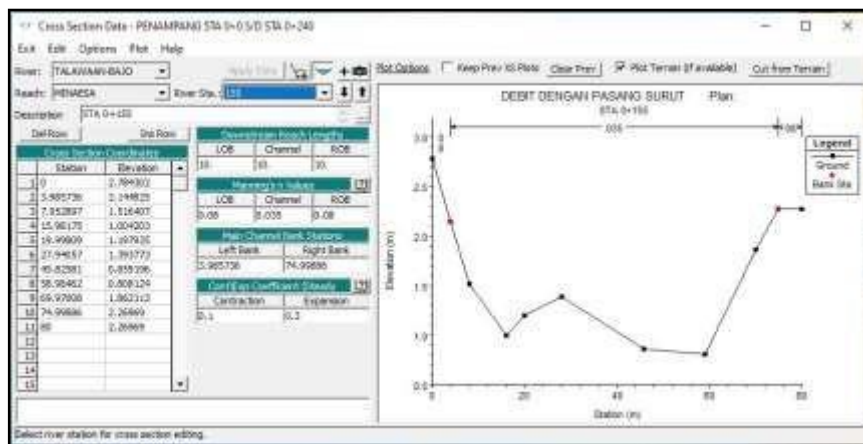
Gambar 90. Data Penampang Melintang Sta 0 + 0 m



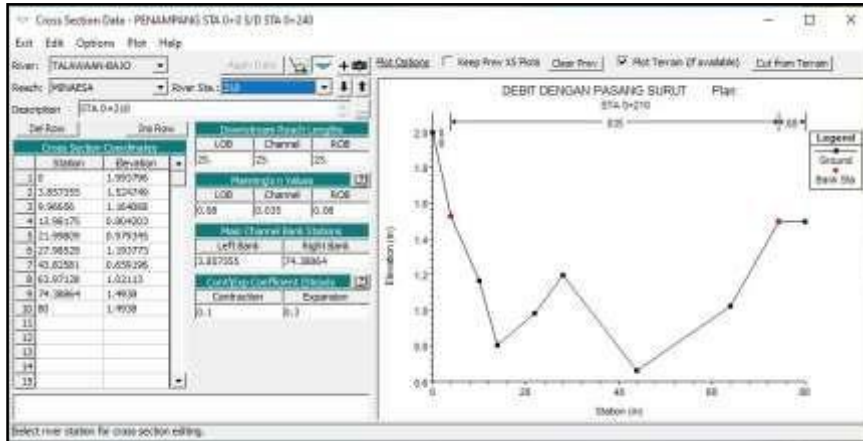
Gambar 91. Data Penampang Melintang Sta 0 + 60 m



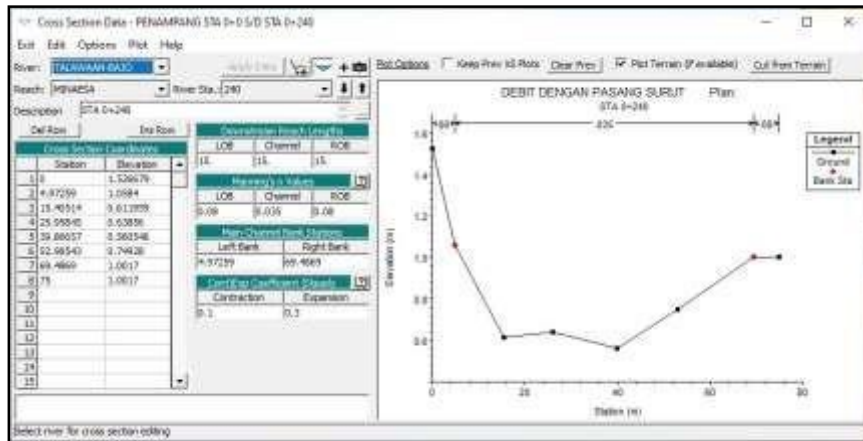
Gambar 92. Data Penampang Melintang Sta 0 + 90 m



Gambar 93. Data Penampang Melintang Sta 0 + 155 m



Gambar 94. Data Penampang Melintang Sta 0 + 210 m



Gambar 95. Data Penampang Melintang Sta 0 + 240 m

Input data debit ke dalam program komputer HEC-RAS. Untuk analisis aliran langgeng atau *Steady Flow* akan digunakan data debit puncak untuk tiap kala ulang hasil perhitungan dari program komputer HEC-HMS.

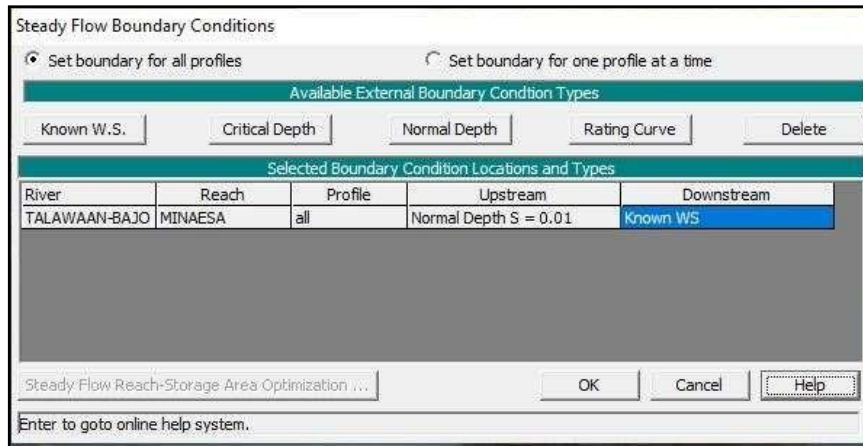
Steady Flow Data

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): 5

River: TALAWAAN-BAJO
Reach: MINAESIA River Sta.: 240

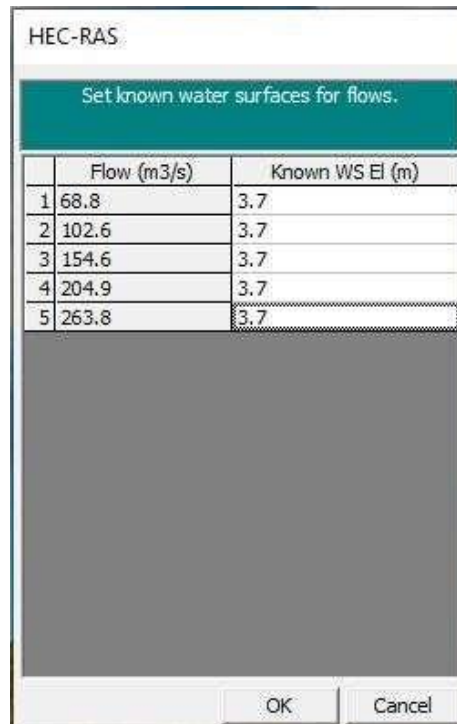
Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates					
River	Reach	RS	PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	
1	TALAWAAN-BAJO	MINAESIA	240	68.8	107.6	154.6	204.9	263.8

Gambar 96. Pengisian Data Debit



Gambar 97. Pengisian Reach Boundary Conditions

Syarat batas (*boundary condition*) di hilir “Known WS” diisi “3,7”, maka HEC-RAS menetapkan muka air batas hilir pada posisi elevasi +3,7m.

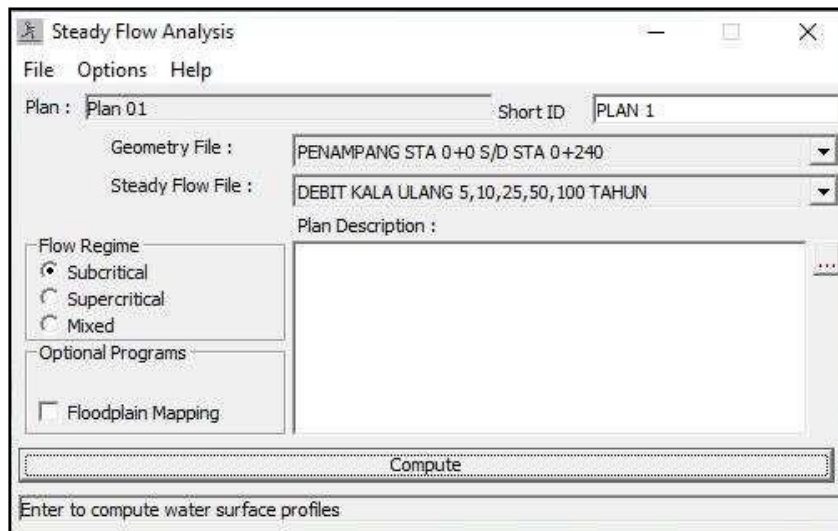


Gambar 98. Pengisian Known WS

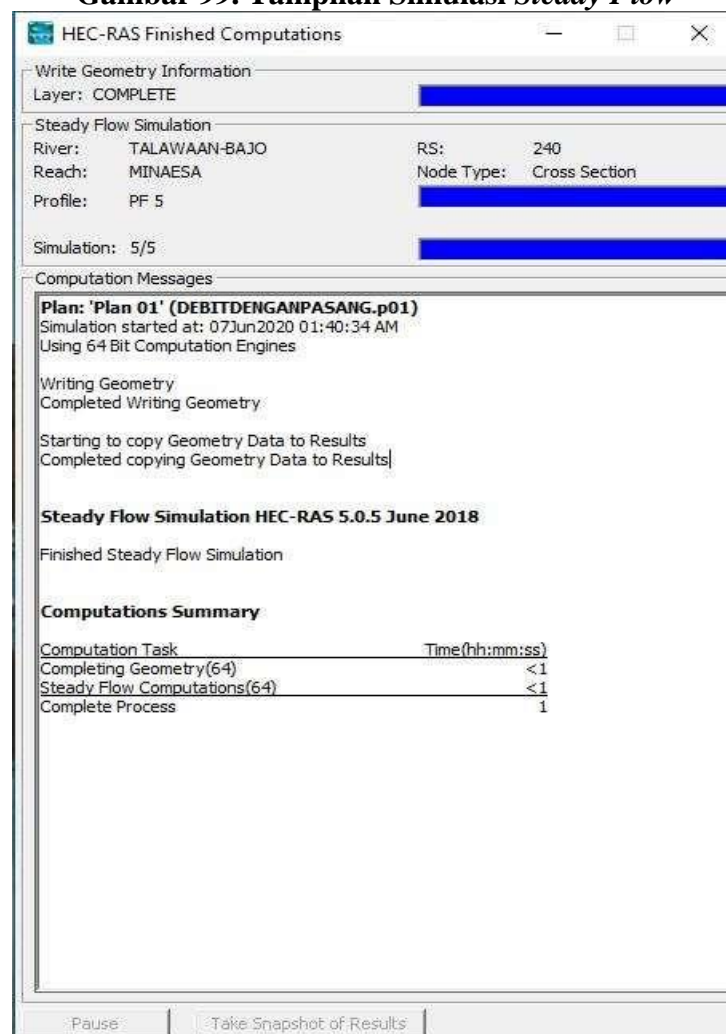
Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program HEC-RAS

Simulasi dilakukan dengan masuk pada tampilan *Perform a steady flow simulation*. Pengaturan untuk simulasi hanya memasukkan nama simulasi yaitu “Plan 01” pada pojok kanan atas dan memilih *subcritical* sebagai asumsi untuk *Flow Regime* karena berdasarkan observasi lapangan, aliran sungai Talawaan -

Bajo pada lokasi penelitian termasuk aliran yang tenang dengan kelandaian yang kecil.

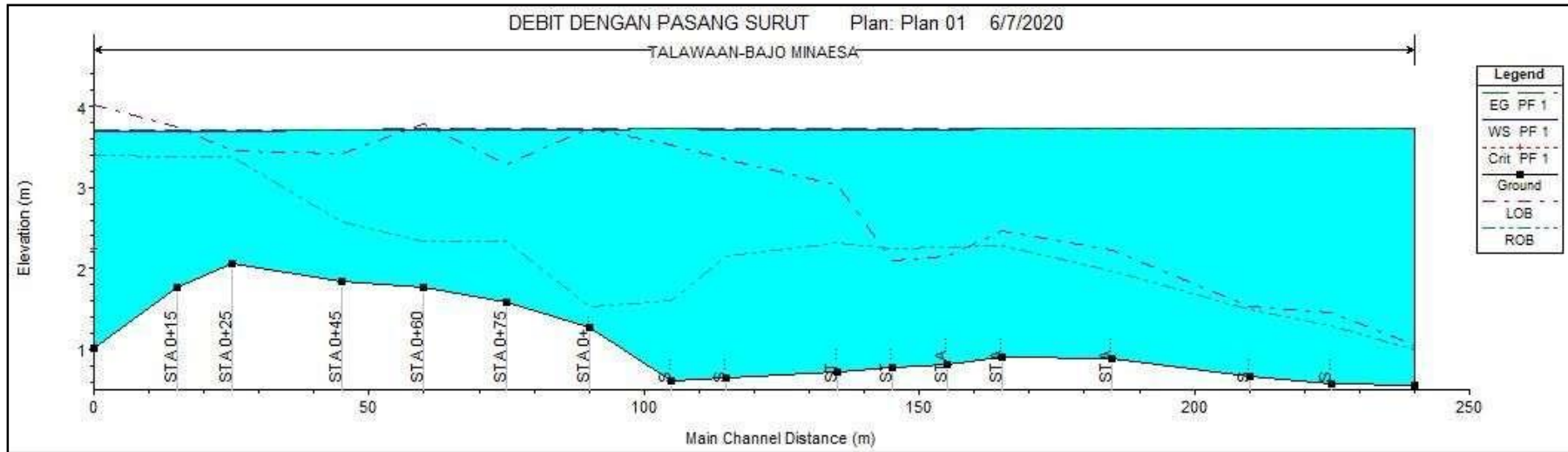


Gambar 99. Tampilan Simulasi Steady Flow



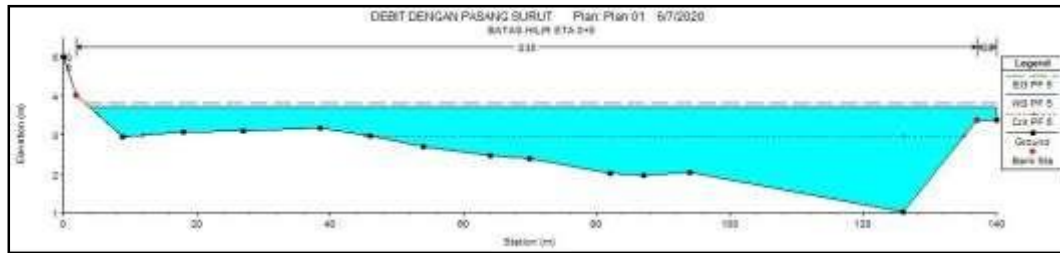
Gambar 100. Tampilan Selesai Simulasi

- Kala Ulang 5 Tahun

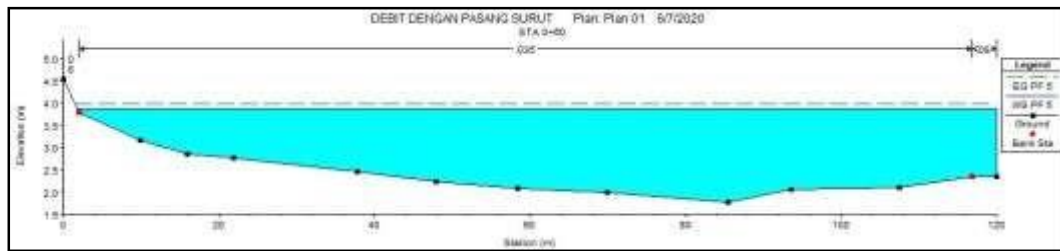


Gambar 101. Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Kala Ulang 5 Tahun

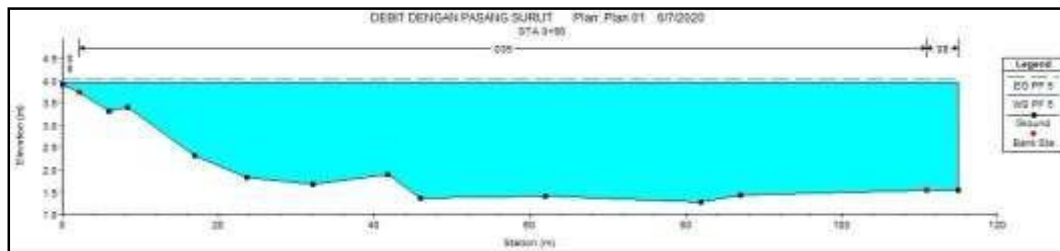
- Kala Ulang 100 Tahun



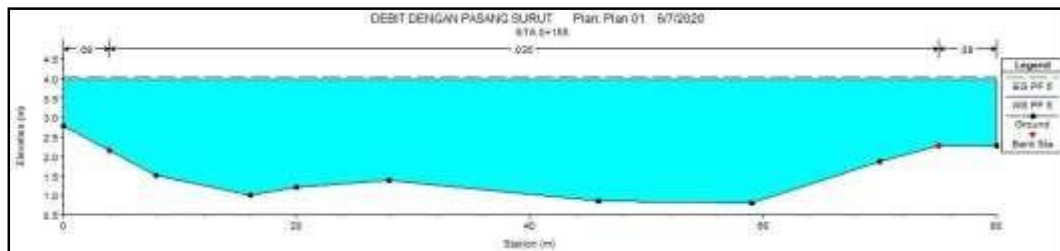
Gambar 102. Tinggi Muka Air Sta 0 + 0 m Kala Ulang 100 Tahun



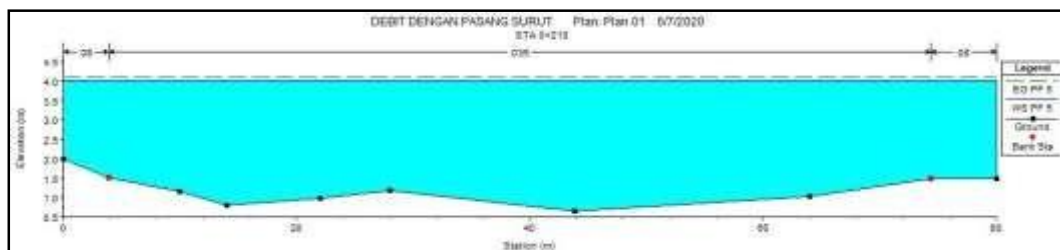
Gambar 103. Tinggi Muka Air Sta 0 + 60 m Kala Ulang 100 Tahun



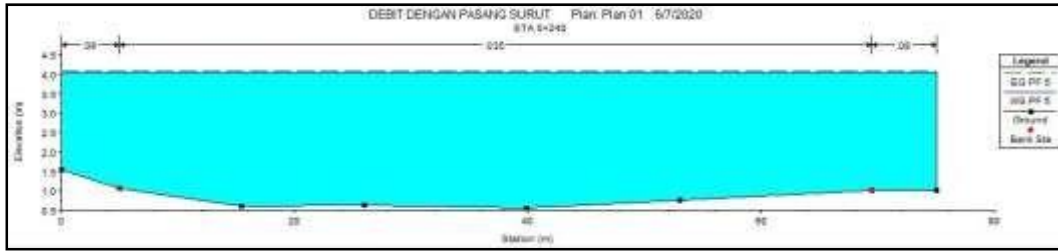
Gambar 104. Tinggi Muka Air Sta 0 + 90 m Kala Ulang 100 Tahun



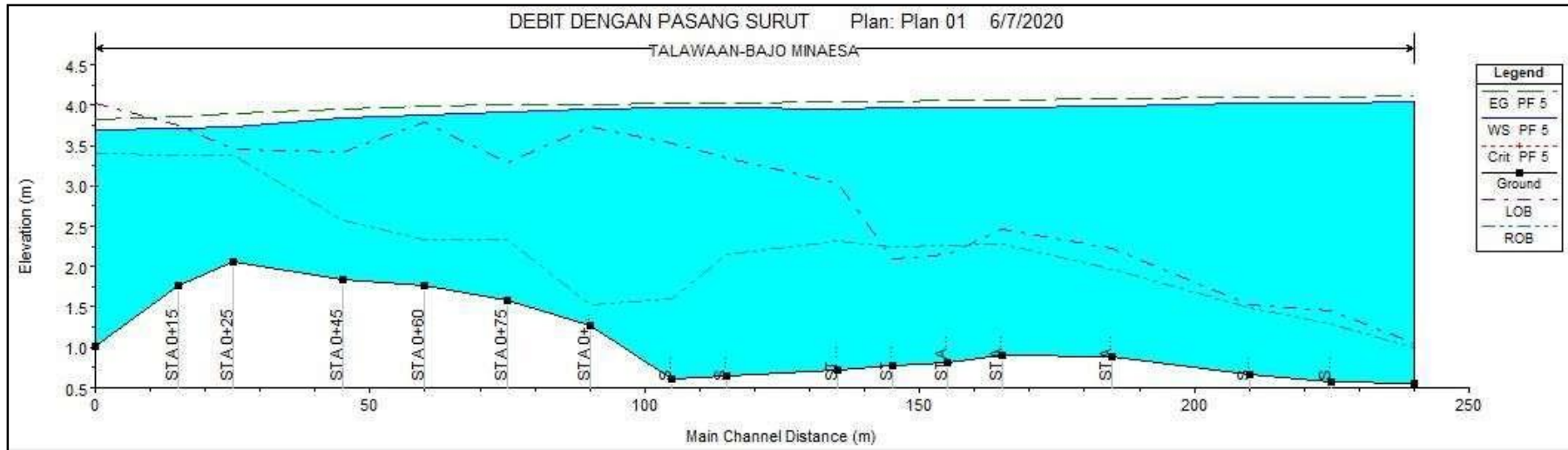
Gambar 105. Tinggi Muka Air Sta 0 + 155 m Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 106. Tinggi Muka Air Sta 0 + 210 m Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 107. Tinggi Muka Air Sta 0 + 240 m Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 108. Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Kala Ulang 100 Tahun

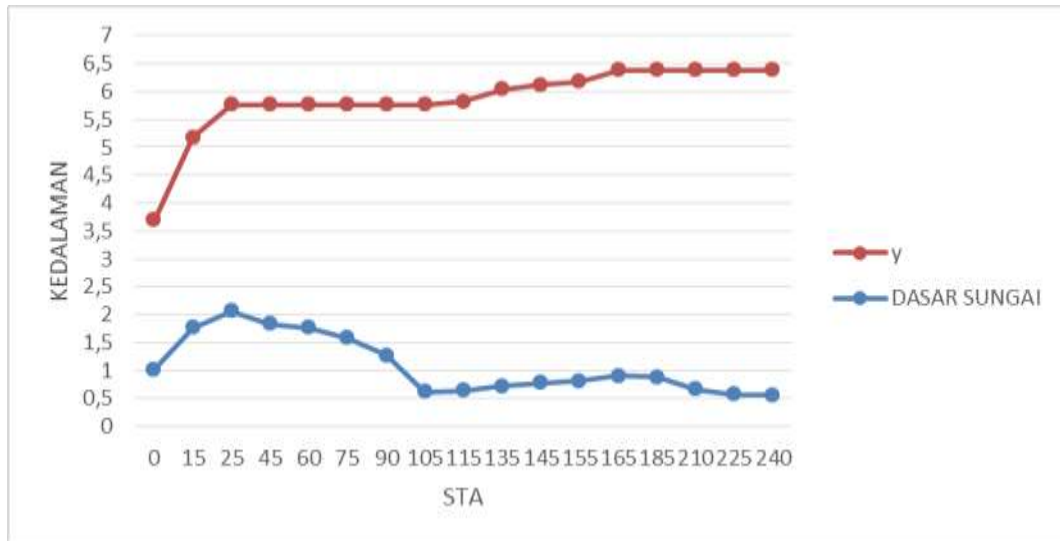
Analisis Profil Muka Air Banjir

Analisis profil muka air banjir akan menggunakan komponen data dengan kondisi pasang surut tertinggi dan debit terbesar.

Metode Tahapan Langsung

Tabel 27. Analisis Dengan Metode Tahapan Langsung

x	Δx	α	V	A	P	R	So	Sf	\overline{Sf}	$\alpha V^2/2g$	ΔE	y2-y1	y
0	0	1.01	1.5	176.29	136.62	1.290367	0	0.001962	0	0.115826	0	0	2.683761
15	15	1.02	1.73	153.85	132.78	1.158684	0.048667	0.003013	0.002487	0.155594	0.69269	0.732459	3.41622
25	10	1.02	1.88	142.22	128.06	1.110573	0.029	0.003765	0.003389	0.183746	0.256114	0.284265	3.700485
45	20	1.04	1.54	176.14	123.72	1.423699	0.017	0.001814	0.002789	0.125712	0.284214	0.226181	3.926666
60	15	1.03	1.48	181.65	119.85	1.515645	0.007333	0.001541	0.001678	0.11499	0.084836	0.074115	4.000781
75	15	1.02	1.27	209.97	113.25	1.85404	0.014667	0.000867	0.001204	0.083851	0.201935	0.170796	4.171576
90	15	1.04	1.08	251.19	117.64	2.135243	0.023333	0.00052	0.000694	0.061828	0.339597	0.317573	4.489149
105	15	1.05	0.96	281.7	113.13	2.490056	0.045333	0.000335	0.000427	0.049321	0.673594	0.661087	5.150237
115	10	1.03	1.06	253.09	102.6	2.466764	0.003	0.000413	0.000374	0.058986	0.026263	0.035928	5.186164
135	20	1.07	1.32	208.21	87.26	2.386088	0.005	0.000669	0.000541	0.095024	0.089176	0.125214	5.311378
145	10	1.11	1.3	216.8	83.29	2.602954	0.004	0.000578	0.000624	0.095612	0.033762	0.03435	5.345728
155	10	1.09	1.34	207.88	83.08	2.502167	0.003	0.000648	0.000613	0.099756	0.023871	0.028015	5.373743
165	10	1.1	1.36	205.22	88	2.332045	0.01	0.000733	0.00069	0.103698	0.093099	0.097042	5.470785
185	20	1.09	1.4	199.1	83.76	2.37703	0.002	0.000757	0.000745	0.108889	0.025105	0.030296	5.501081
210	25	1.12	1.2	236.12	84.64	2.789698	0.0104	0.000449	0.000603	0.082202	0.244925	0.218237	5.719318
225	15	1.13	1.22	232.86	80.04	2.909295	0.006667	0.000439	0.000444	0.085723	0.093339	0.09686	5.816178
240	15	1.15	1.18	244.21	80.59	3.030277	0.001333	0.000389	0.000414	0.081614	0.01379	0.00968	5.825859



Gambar 109. Profil Muka Air Banjir Dengan Metode Tahapan Langsung

Metode Tahapan Standart

Tabel 28. Analisis Dengan Metode Tahapan Standart

Station	Z	Tinggi dasar sungai	y	α	A	V	$\alpha V^2/2g$	H
0	3.7	1.016239	2.683761	1.01	176.29	1.5	0.115826	3.815826
15	3.71	1.760402	1.949598	1.02	153.85	1.73	0.155594	3.865594
25	3.72	2.065602	1.654398	1.02	142.22	1.88	0.183746	3.903746
45	3.84	1.834618	2.005382	1.04	176.14	1.54	0.125712	3.965712
60	3.87	1.760845	2.109155	1.03	181.65	1.48	0.11499	3.98499
75	3.92	1.586193	2.333807	1.02	209.97	1.27	0.083851	4.003851
90	3.95	1.268916	2.681084	1.04	251.19	1.08	0.061828	4.011828
105	3.97	0.615372	3.354628	1.05	281.7	0.96	0.049321	4.019321
115	3.97	0.639817	3.330183	1.03	253.09	1.06	0.058986	4.028986
135	3.96	0.722469	3.237531	1.07	208.21	1.32	0.095024	4.055024
145	3.97	0.777229	3.192771	1.11	216.8	1.3	0.095612	4.065612
155	3.97	0.808124	3.161876	1.09	207.88	1.34	0.099756	4.069756
165	3.97	0.9086	3.0614	1.1	205.22	1.36	0.103698	4.073698
185	3.98	0.881963	3.098037	1.09	199.1	1.4	0.108889	4.088889
210	4.02	0.659196	3.360804	1.12	236.12	1.2	0.082202	4.102202
225	4.03	0.57162	3.45838	1.13	232.86	1.22	0.085723	4.115723
240	4.04	0.560546	3.479454	1.15	244.21	1.18	0.081614	4.121614

Tabel 29. Analisis Dengan Metode Tahapan Standart

P	R	$R^{4/3}$	Sf	\overline{Sf}	Δx	hf	H	Persentase Selisih H (%)	Keterangan
136.62	1.290367	1.404811	0.001962	0	0	0	3.815826	0	Memenuhi
132.78	1.158684	1.216988	0.003013	0.002487	15	0.03731	3.853135	0.003	Memenuhi
128.06	1.110573	1.150084	0.003765	0.003389	10	0.033886	3.887021	0.004	Memenuhi
123.72	1.423699	1.601612	0.001814	0.002789	20	0.055786	3.942807	0.006	Memenuhi
119.85	1.515645	1.740991	0.001541	0.001678	15	0.025164	3.967971	0.004	Memenuhi
113.25	1.85404	2.277677	0.000867	0.001204	15	0.018065	3.986036	0.004	Memenuhi
117.64	2.135243	2.749559	0.00052	0.000694	15	0.010403	3.996439	0.004	Memenuhi
113.13	2.490056	3.375039	0.000335	0.000427	15	0.006406	4.002845	0.004	Memenuhi
102.6	2.466764	3.333012	0.000413	0.000374	10	0.003737	4.006583	0.006	Memenuhi
87.26	2.386088	3.188466	0.000669	0.000541	20	0.010824	4.017407	0.009	Memenuhi
83.29	2.602954	3.580595	0.000578	0.000624	10	0.006238	4.023645	0.010	Memenuhi
83.08	2.502167	3.396943	0.000648	0.000613	10	0.006129	4.029773	0.010	Memenuhi
88	2.332045	3.092545	0.000733	0.00069	10	0.006901	4.036674	0.009	Memenuhi
83.76	2.37703	3.172338	0.000757	0.000745	20	0.014895	4.051569	0.009	Memenuhi
84.64	2.789698	3.927138	0.000449	0.000603	25	0.015075	4.066645	0.009	Memenuhi
80.04	2.909295	4.153209	0.000439	0.000444	15	0.006661	4.073306	0.010	Memenuhi
80.59	3.030277	4.385069	0.000389	0.000414	15	0.00621	4.079516	0.010	Memenuhi

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Besar debit banjir Sungai Talawaan - Bajo pada kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun adalah $(Q_5) = 68,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $(Q_{10}) = 102,6 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $(Q_{25}) = 154,6 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $(Q_{50}) = 204,9 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan $(Q_{100}) = 263,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
2. Luapan cenderung terjadi kearah bantaran kanan sungai. Penampang sungai pada kondisi tanpa pasang surut, dengan kala ulang 5 tahun penampang pada STA 0+45, dan seterusnya sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Pada kala ulang 100 tahun, penampang pada STA 0+25, dan seterusnya sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Pada kondisi sungai dengan pengaruh pasang surut untuk kala ulang 5 dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Tinggi muka air banjir (luapan) akibat sungai Talawaan – Bajo akibat pasang surut berkisar 0,01–0,96 meter.
3. Profil muka air banjir sungai Talawaan-Bako yang dihasilkan dari metode tahapan langsung memiliki trend yang sama dengan hasil dari program HEC-RAS.
4. Presentase perbedaan tinggi profil muka air sungai Talawaan-Bajo yang dihasilkan dari metode tahapan standart memiliki selisih yang sangat kecil dengan yang dihasilkan dari program HEC-RAS.
5. Metode tahapan langsung dan metode tahapan standart dapat menggantikan penggunaan program HEC-RAS dalam menganalisis profil muka air.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, profil muka air sungai Talawaan-Bajo dapat dikaji ulang dengan metode yang lain sebagai upaya penamggulangan banjir yang terjadi akibat pengaruh aliran balik

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Global Mapper*. Data GIS Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. 2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2010. *HEC-RAS 4.1.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2010. *HEC-RAS 4.1.0 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Anandhita, T, & Hambali, R. 2018. *Analisis Pengaruh Backwater (Air Balik) Terhadap Banjir Sungai Rangkui Kota Pangkalpinang*. Jurnal Fropil Vol 03No 2 Juli-Desember 2015, 131-141, Universitas Bangka Belitung, Pangkalpinang.
- Bambang Triatmodjo. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta. (12-4, 34, 155-158, 163).
- Istiarto. 2014, Januari 14. *Hec-Ras: Steady Atau Unsteady Flow Analysis*. <https://istiarto.staff.ugm.ac.id/>, 18 Januari 2019.
- Jansen, Tommy., 2018. *Tinjauan Pengaruh Pasang Surut Terhadap Pola Arus Di Teluk Amurang, Sulawesi Utara*. Jurnal Tekno Vol.16 No.70 2018 ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Kamase, Melinda., Liany A. Hendratta, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. *Analisis Debit Dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano Di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.4 Juni 2017 (175-185) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Liunsanda, Moses., Jeffry D. Mamoto, Ariestides K. T. Dundu. 2017. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Pantai Pal Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.9 November 2017 (613-623) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Meruntu, Philips A., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma. 2017. *Analisis Kapasitas Penampang Sungai Tingkulu di Kecamatan Tikala Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.4 April 2019 (379-388) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat tugas penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SAM RATULANGI
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Alamat : Kampus UNSRAT Manado. Telp/Fax. (0431) 827560
Email: lppm@unsrat.ac.id Laman: <http://lppm.unsrat.ac.id>

SURAT TUGAS

Nomor : 947 /UN12.13/LTPNBP/2020

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi
Manado, dengan ini menugaskan kepada :

1. Nama : LIANY AMELIA HENDRATTA
NIP : 196603201991032001
Pangkat/Gol : Pembina Utama Muda / IV/c
Jabatan : Lektor Kepala
2. Nama : Ir ISRI RONALD MANGANGKA M.Eng., Ph.D.
NIP : 196509241993031003
Pangkat/Gol : Pembina / IV/a
Jabatan : Lektor Kepala
3. Nama : HANNY TANGKUDUNG
NIP : 195804021989031002
Pangkat/Gol : Penata Tingkat I / III/d
Jabatan : Asisten Ahli

Untuk melaksanakan Kegiatan Penelitian Skim: RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT yang di danai oleh dana PNBPN UNSRAT dengan judul : "Aplikasi Penentuan Profil Aliran Air Banjir Akibat Pengaruh Pasang Surut dan Aliran Bersedimen Di Muara Sungai".
Demikian surat tugas ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Manado, 01 April 2020

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian
Kepada Masyarakat

P. M. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS
NIP: 195910181986031002

Lampiran 2. Foto-Foto Kegiatan Penelitian



Lampiran 3. Bukti Fisik Luaran Penelitian RTUU: HKI (Patent atau Hak Cipta) dan Buku ber ISBN


REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	: EC00202049949, 16 November 2020
Pencipta	
Nama	: Liany Amalia Handarta
Alamat	: Kelurahan Babukota Lingkungan I No. 31 Kecamatan Mabitayang, Marado, SULAWESI UTARA, 95115
Kewarganegaraan	: Indonesia
Pemegang Hak Cipta	
Nama	: Sentra Kekayaan Intelektual Universitas Sam Ratulangi
Alamat	: Gedung LPPM L1-1, Jln. Kampus Uinart, Marado, Sulawesi Utara, Marado, SULAWESI UTARA, 95115
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: Karya Tulis
Judul Ciptaan	: Aplikasi Penentuan Profil Airan Air Banjir Akibat Pengaruh Pasang Surut Dan Airan Berasidaman Di Muara Sungai
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 16 November 2020, di Marado
Jangka waktu perlindungan	: Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.
Nomor pencatatan	: 000220596

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

s.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL


Dr. Freddy Hama, S.H., LL.M., A.C.C.S.
NIP. 196511181994031001



TENTANG PENULIS



Dr. Eng. Ir. Liany Amelia Hendratta, MSI
Lahir pada tanggal 20 Maret 1966 di Manado, Sulawesi Utara. Menyelesaikan pendidikan sarjana Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi pada tahun 1989, magister sains Perencanaan dan Pengembangan Wilayah pada tahun 1998 di Universitas Sam Ratulangi, dan doctor Teknik Sipil bidang minat

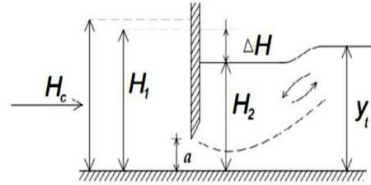
Hydraulic Engineering pada tahun 2013 di Kumamoto University, Jepang. Berkarir dibidang pendidikan sebagai seorang dosen di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado mulai pada tahun 1991 sampai sekarang. Mata kuliah yang diampu adalah Mekanika Fluida, Hidraulika, Irigasi dan Bagunan Air, Rekayasa Sumber Daya Air, Drainase dan Pengendalian Banjir, Rekayasa Sungai dan Aliran Air Tanah. Aktif dalam mengikuti berbagai pertemuan ilmiah dan telah mempublikasikan kurang lebih 48 artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Selain itu, bekerjasama dalam kegiatan profesi seperti yang diselenggarakan oleh Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Sulawesi Utara.



Ir. Hanny Tangkudung, MT
Lahir pada tanggal 2 April 1958 di Manado, Sulawesi Utara. Menyelesaikan pendidikan sarjana Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi pada tahun 1988, magister sains Teknik Sipil pada tahun 2010 di Universitas Sam Ratulangi. Berkarir dibidang pendidikan sebagai seorang dosen di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado mulai pada tahun 1989 sampai sekarang. Bekerja sama dengan instansi pemerintah maupun swasta dalm kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.

HIDRAULIKA

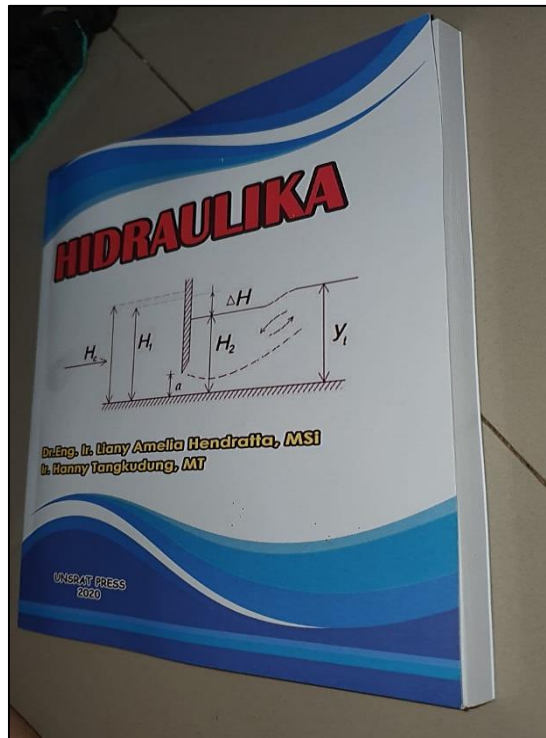
HIDRAULIKA



Dr.Eng. Ir. Liany Amelia Hendratta, MSI
Ir. Hanny Tangkudung, MT



UNSRAT PRESS
2020



Sertifikat



PIT37/865/0112

Pertemuan Ilmiah Tahunan PIT XXXVII HATHI

Sabtu, 12 Desember 2020

diberikan kepada

Dr. Eng. Ir. Liany A. Hendratta, M.Si

sebagai

Pemakalah

Profil Aliran Berubah Lambat Laun di Muara Sungai Talawaan Bajo Sulawesi Utara

Nilai SKPK: 9

Ketua HATHI Cabang Sumatera Selatan
Selaku Ketua Panitia PIT XXXVII HATHI

Ir. Birendrajana, MT.

Ketua Umum HATHI

Ir. Jarot Widyoko, Sp.1