

Bidang Fokus/Unggulan: Kebencanaan
Fakultas : Teknik

LAPORAN AKHIR

RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT



**PENERAPAN METODE INTERAKSI PASANG AIR LAUT DAN ALIRAN SARAT
SEDIMEN TERHADAP ANALISIS TINGGI MUKA AIR BANJIR
DI SUNGAI BAILANG MANADO**

Ketua / Anggota Tim

Dr.Eng.Ir. Liany A. Hendratta, MSi	NIDN : 0020036605
Dr.Eng. Ir. Sukarno, MT	NIDN : 0021066006
Ir. Hanny Tangkudung, MT	NIDN : 0002045804

UNIVERSITAS SAM RATULANGI

OKTOBER 2019

Dibiayai oleh:

Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Sam Ratulangi
Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi

Nomor: SP DIPA - 042.01.2.400959/2019 tanggal 5 Desember 2018



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SAM RATULANGI
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Alamat : Kampus UNSRAT Manado
Telp : (0431) 827560, Fax : (0431) 827560
Email : bpm@unsrat.ac.id Laman : hp.bpm.unsrat.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
RTUJ

Judul Kegiatan : PENERAPAN METODE INTERAKSI PASANG AIR LAUT DAN ALIRAN SARAT SEDIMEN
TERHADAP ANALISIS TINGGI MUKA AIR BANJIR DI SUNGAI BAILANG MANADO

Ketua Peneliti

Nama Lengkap : LIHY AMELIA HENDRATTA
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi
NIP/KIK : 198002201991031001
NIDN : 000009805
Jenis Tunjangan : Lektor Kepala
Geri Rupa : Teknik Sipil
Nomer HP :
Alamat Email : lhyhendratta@unsrat.ac.id
Gaji Pokok : 60.000.000
Gaji Maksimal : 51.000.000
Lama Penelitian : 6 bulan

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : SURDIRNO
NIP : 198006211994031001
NIDN : 000109400
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : HARRY SANDRUCUNG
NIP : 195804021980031002
NIDN : 000009804
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Manado
Ditandatangani

Prof. Dr. K. Fasan J. Menggo, M. Sc.
NIP 195210141980031001

Manado, 16 October 2019
Ketua Peneliti

LIHY AMELIA HENDRATTA
NIP 198002201991031001

Manado
Ditandatangani

Prof. Dr. K. Charles S. Kuanans, MS
NIP 195210141980031002

RINGKASAN

Sungai Bailang merupakan salah satu sungai di Kota Manado yang pernah meluap dan membanjiri beberapa daerah yang dilewati oleh sungai Bailang yang mengakibatkan kerugian bagi warga yang tinggal disekitar sungai maupun pengguna jalan raya. Terkait hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pada saat banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi terjadi kenaikan muka air banjir di penampang sungai Bailang

Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari 3 pos hujan yaitu: pos hujan Tikala-Sawangan, pos hujan Talawaan, dan pos hujan Tikala. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2008 s/d 2017. 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 0,707. 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 simulasi menunjukkan bahwa penampang sungai Bailang yang ditinjau pada kondisi tanpa pasang surut kala ulang 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun penampang STA 0+0, STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+95, STA 0+125 dan STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Sedangkan untuk kala ulang 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Hasil simulasi pada kondisi dengan pasang surut kala ulang kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Tinggi muka air tertinggi dengan kenaikan muka air banjir (luapan) berkisar 0.71-1.25 m untuk kondisi dengan pengaruh pasang surut.

Kata kunci : Banjir, Pasang surut, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS

PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yesus Kristus karena hanya dengan anugerah dan kasih karunia-Nya sehingga Tim Pelaksana Riset Terapan Unggulan Universitas dapat melaksanakan penelitian yang berjudul : Penerapan Metode Interaksi Pasang Air Laut Dan Aliran Sarat Sedimen Terhadap Analisis Tinggi Muka Air Banjir Di Sungai Bailang Manado .

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 Bailang, Kota Manado. 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 Bailang 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, Oktober 2019

Ketua Pelaksana,

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
RINGKASAN	3
PRAKATA	4
DAFTAR ISI	5
BAB 1. PENDAHULUAN	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	9
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	36
BAB 4. METODE PENELITIAN	37
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	40
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	119
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai memegang peran yang penting dalam siklus air. Dengan adanya hujan yang jatuh di daratan, air akan kembali ke laut melalui sungai. Besarnya jumlah air atau debit air pada sungai dipengaruhi oleh curah hujan, kemiringan dan luas daerah aliran sungai (DAS). Kelebihan debit air yang terjadi akan menyebabkan meluapnya air pada suatu sungai atau lebih dikenal dengan istilah banjir. Bencana banjir merupakan salah satu bencana alam yang mempunyai dampak besar bagi kelangsungan hidup manusia.

Sungai Bailang, yang terletak di Kecamatan Bunaken kota Manado merupakan sungai dengan DAS yang cukup luas. Sungai Bailang pernah meluap dan membanjiri beberapa daerah yang dilewati oleh sungai Bailang yang mengakibatkan kerugian bagi warga yang tinggal disekitar sungai maupun pengguna jalan raya. Kenaikan muka air mengakibatkan saluran-saluran pembuangan yang ada tidak dapat membuang air buangan ke dalam aliran alur sungai. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi maka tinggi muka air banjir di penampang sungai menjadi besar karena terjadi aliran balik (back water).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan analisis kapasitas penampang dengan pengaruh pasang surut di muara sungai Bailang terhadap berbagai kala ulang banjir. Dengan diketahuinya hal tersebut dapat digunakan sebagai acuan perencanaan penanggulangan banjir di bantaran muara sungai Bailang

Penelitian ini mendukung salah satu bidang riset unggulan yang menjadi prioritas Universitas Sam Ratulangi yaitu “manajemen penanggulangan kebencanaan dan lingkungan”. Hal ini berkaitan dengan isu strategis daerah Sulawesi Utara sebagai wilayah rawan bencana banjir dan kerusakan lingkungan yang membutuhkan kebijakan, infrastruktur dan kesiapan masyarakat terhadap penanggulangan bencana banjir untuk tujuan perbaikan kualitas lingkungan. Berdasarkan isu tersebut di atas maka diperlukan topik riset yang berkaitan dengan pengembangan sistem/metode yang aplikatif dan berwawasan lingkungan untuk penguatan masyarakat yang tanggap bencana genangan air banjir.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menerapkan metode interaksi pasang air laut dan aliran sarat sedimen terhadap analisis tinggi muka air banjir di sungai bailang manado dengan cara mengetahui kapasitas tampung penampang disungai Bailang dengan pengaruh pasang surut dan tanpa pengaruh pasang surut terhadap berbagai kala ulang banjir, serta menganalisis tinggi muka air Sungai Bailang yang diakibatkan banjir dan 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 metode/ desain untuk 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	
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	Terdaftar
		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)	
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)	4

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Umum.

Daur Hidrologi

Daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Susunan secara siklis peristiwa tersebut tidaklah sederhana.

Yang pertama, daur tersebut dapat berupa daur pendek, yaitu hujan yang jatuh di laut, danau atau sungai yang segera dapat mengalir kembali ke laut.

Kedua, tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Pada musim kemarau kelihatannya daur berhenti sedangkan di musim hujan daur berjalan kembali.

Ketiga, intensitas dan frekuensi daur tergantung pada keadaan geografis dan iklim, yang mana hal ini merupakan akibat adanya matahari yang berubah – ubah letaknya terhadap meridian bumi sepanjang tahun (sebenarnya yang berubah – ubah letaknya adalah planet bumi terhadap matahari).

Keempat, berbagai bagian daur dapat menjadi sungai kompleks, sehingga kita hanya dapat mengamati bagian akhirnya saja dari suatu hujan yang jatuh di atas permukaan tanah dan kemudian mencari jalannya untuk kembali ke laut.

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relative terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir ke dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau

mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut siklus hidrologi.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Sungai merupakan jaringan alur – alur pada permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Air hujan yang jatuh di atas permukaan bumi dalam perjalanannya sebagian kecil menguap dan sebagian besar mengalir dalam bentuk alur – alur kecil, kemudian menjadi alur – alur sedang seterusnya berkumpul menjadi satu alur besar atau utama. Dengan demikian dapat dikatakan sungai berfungsi menampung curah hujan dan mengalirkannya ke laut.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian.

Untuk menentukan batas DAS sangat diperlukan peta topografi. Peta topografi adalah peta yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuh – tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis – garis kontur. Memperhatikan keperluan untuk berbagai kepentingan analisis berikutnya, dan dipertimbangkan pula segi kepraktisan pemakaian, maka peta dengan skala 1:50.000 dipandang mencukupi. Dari peta yang dimiliki, ditetapkan titik – titik tertinggi di sekeliling sungai utama (*main stream*) yang dimaksudkan, masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu.

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.

Daerah aliran sungai berbentuk memanjang.

Biasanya induk sungainya akan memanjang dengan anak – anak sungai langsung mengalir ke induk sungai, kadang – kadang berbentuk seperti bulu burung. Bentuk ini biasanya akan menyebabkan besar aliran banjir relatif lebih kecil, tetapi biasanya banjir berlangsung agak lama.

Daerah aliran sungai berbentuk radial.

Bentuk ini karena arah sungai seolah – olah memusat pada suatu titik sehingga menggambarkan adanya bentuk radial, kadang – kadang gambaran tersebut memberi bentuk kipas atau lingkaran. 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.

Daerah aliran sungai berbentuk paralel.

DAS ini dibentuk oleh dua jalur DAS yang bersatu di bagian hilir. Apabila terjadi banjir di daerah hulu biasanya terjadi setelah di bawah titik pertemuan.

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 2. 1 Batasan Penggunaan Peta Topografi untuk Menghitung Luas DAS

Skala Peta	Luas DAS Minimal (Km ²)	Interval Kontur
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.

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.

Orde dan Tingkat Percabangan Sungai.

Alur sungai di dalam suatu DAS dapat dibagi dalam beberapa orde sungai. Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalamnya urutannya terdapat induk sungai di dalam suatu DAS. Dengan demikian makin banyak jumlah orde sungai akan semakin luas pula DAS-nya dan akan semakin panjang pula alur sungainya.

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.

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 alir yang deras sehingga disebut alur jeram, atau *rapids river*. Pada sungai non-pasang surut ketinggian muka airnya sangat dipengaruhi oleh besarnya debit air yang mengalir pada sungai tersebut.

Sungai pasang surut

Selalu terjadi perubahan periodik pada ketinggian muka air dari sungai dibagian 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*. Bagi 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 duamacam ketinggian pasang yaitu:

Pasang purnama atau yang disebut dengan *spring tide* yang terjadi karenasuperposisi gaya gravitasi bumi dan bulan pada saat purnama terhadap airlaut sebagai ketinggian pasang maksimum.

Pasang perbani atau disebut dengan *neap tide* yang terjadi karenasuperposisi gaya gravitasi bumi dan bulan terhadap air laut padakedudukan bulan perbani sebagai ketinggian pasang minimum.

Siklus dari pasang surut dapat terjadi,

1. Terjadi satu kali dalam 24 jam yang disebut *diurnal tide*. Jenis daripasang 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 .
2. Terjadi dua kali dalam 24 jam yang disebut *semi-diurnal*. Jenis daripasang 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 kecepatannya yang berubah sesuai dengan siklus pasang. Semakin tinggi pasang, maka semakin rendah kecepatannya.

Curah Hujan Rencana.

Analisis Curah Hujan

Sesuai dengan daur hidrologi, air yang berada di bumi ini secara langsung maupun tidak langsung berasal dari air hujan. Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi, karena jumlah kedalaman hujan ini yang dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan, aliran antara, maupun sebagai aliran air tanah.

Untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui pula. Yang diperlukan adalah besaran kedalaman hujan yang terjadi di seluruh DAS. Jadi tidak hanya besaran hujan yang terjadi di suatu stasiun pengukuran hujan, melainkan data kedalaman hujan dari beberapa stasiun hujan yang tersebar di seluruh DAS.

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:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad 2.1$$

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.

a) Semua stasiun yang terdapat di dalam (atau di luar) DAS dihubungkan dengan garis, sehingga terbentuk jaringan – jaringan segitiga (Hendaknya dihindari terbentuknya segitiga dengan sudut sangat tumpul).

b) Pada masing – masing segitiga ditarik garis sumbunya, dan semua garis sumbu tersebut membentuk poligon.

c) Luas daerah yang hujannya dianggap diwakili oleh salah satu stasiun yang bersangkutan adalah daerah yang dibatasi oleh garis – garis poligon tersebut atau dengan batas DAS.

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 hidrologi yang diukur atau nilai yang diperolehnya sudah tentu mengandung kesalahan. Dalam analisis hidrologi, output yang dihasilkan mempunyai kesalahan yang besar karena input datanya mempunyai kesalahan.

Di dalam praktik sering ditemui keadaan data setempat yang baik kualitatif maupun kuantitatif tidak memenuhi syarat. Namun apapun keadaan datanya, analisa harus diteruskan dengan cara – cara terbaik yang dikenal. Apabila mungkin untuk kepentingan tertentu maka kualitas data yang kurang baik dapat diperbaiki

Data *outlier* adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data. Uji *outlier* dilakukan untuk mengoreksi data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya. (Sukarno, 2017)

Uji data *outlier* mempunyai 3 syarat, yaitu:

1. Jika $C_{S_{\log}} \geq 0,4$ maka: uji *outlier* tinggi, koreksi data, uji *outlier* rendah, koreksi data.

Jika $C_{S_{\log}} \leq -0,4$ maka: uji *outlier* rendah, koreksi data, uji *outlier* tinggi, koreksi data.

Jika $-0,4 < C_{S_{\log}} < 0,4$ maka : uji *outlier* tinggi atau rendah, koreksi data.

Rumus yang digunakan:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad 2.2$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad 2.3$$

$$C_{S_{\log}} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad 2.4$$

- *Outlier* tinggi: $\text{Log } x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{\log}$ 2.5

- *Outlier* rendah: $\text{Log } x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{\log}$ 2.6

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 $C_{S_{\log}}$ lebih dari 0,4:

$$Kn = (-0,62201) + (6,28446 \times n^{1/4}) - (2,49835 \times n^{1/2}) + (0,491436 \times n^{3/4}) - (0,037911 \times n) \quad 2.7$$

Untuk nilai $C_{S_{\log}}$ kurang dari -0,4:

$$K_n = (-3,62201) + (6,28446 \times n^{1/4}) - (2,49835 \times n^{1/2}) + (0,491436 \times n^{3/4}) - (0,037911 \times n) \quad 2.8$$

Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata – rata hitung (*mean*), simpangan baku (standar deviasi), kemencengan (koefisien *skewness*), koefisien variasi, dan koefisien kurtosis.

a) Rata – rata Hitung (*Mean*)

Rata – rata hitung merupakan nilai rata – rata dari sekumpulan data:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad 2.9$$

dengan:

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

b) Simpangan Baku (Standar Deviasi)

Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata – rata maka nilai S akan besar, tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata – rata maka S akan kecil.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad 2.10$$

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.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot s^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad 2.11$$

dengan:

C_s = Koefisien kemencengan.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

d) Koefisien Variasi

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

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad 2.12$$

dengan:

C_v = Koefisien variasi.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

e) Koefisien Kurtosis.

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur kemencengan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot s^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad 2.13$$

dengan:

C_k = Koefisien kurtosis.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata – rata.

n = Jumlah data.

X_i = Nilai varian.

Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas atau distribusi peluang adalah suatu distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan varian sebagai pengganti frekuensinya. Peluang kumulatif dari sebuah varian adalah peluang dari suatu variabel acak yang mempunyai nilai sama atau kurang dari suatu nilai tertentu.

Salah satu tujuan dalam analisa distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*). Menurut Bambang Triatmodjo (2008), Periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu (X_T) akan disamai atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu.

Fungsi distribusi peluang yang dipergunakan dalam penulisan ini adalah: Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel, Distribusi Pearson III, Distribusi Log-Pearson III.

a) Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi hujan, analisis statistik dari distribusi rata – rata curah hujan tahunan, debit rata – rata tahunan dan sebagainya. Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss.

Persamaan distribusi normal:

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad 2.14$$

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 Dua Parameter

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:

$$\log X = \overline{\log X} + k \cdot S_{\log} \quad 2.15$$

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} = Standar deviasi logaritmik nilai X hasil pengamatan.

c) Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel atau disebut juga distribusi ekstrem tipe I (*extreme type I distribution*).

Persamaan distribusi Gumbel tipe I:

$$X = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y - Y_n) \quad 2.16$$

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:

$$\log X = \overline{\log X} + K_{TR,CS} \cdot S_{\log X} \quad 2.17$$

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.

Pemilihan Tipe Distribusi

Analisa hidrologi terhadap data curah hujan yang ada harus sesuai dengan tipe distribusi datanya. Masing – masing tipe distribusi memiliki sifat – sifat yang khusus sehingga tiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat masing – masing tipe distribusi tersebut. Sebagai perkiraan awal, tipe distribusi yang sesuai dapat diketahui berdasarkan parameter statistik. Hal ini dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap syarat batas parameter statistik tipe distribusi dengan parameter statistik data pengamatan. (Kamase, 2017)

Parameter – parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan tipe distribusi adalah C_s , C_v , C_k . Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut:

1. Tipe distribusi Normal

$$C_s \approx 0, C_k \approx 3$$

2. Tipe distribusi Log Normal

$$C_s \approx 3C_v$$

3. Tipe distribusi Gumbel

$$C_s \approx 1.139, C_k \approx 5.4$$

Bila kriteria ketiga sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah:

4. Tipe distribusi Pearson III

5. Tipe distribusi Log Pearson 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:

$$P_e = \frac{(P-0,2 S)^2}{P+0,8 S} \quad 2.18$$

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 2.19 merupakan persamaan dasar untuk menghitung kedalaman hujan efektif. Retensi potensial maksimum mempunyai bentuk berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad 2.19$$

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.

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.

Pasang Surut

Pasang surut air laut adalah suatu gejala fisik yang selalu berulang dengan periode tertentu dan pengaruhnya dapat dirasakan sampai jauh masuk ke arah hulu dari muara sungai. Pasang surut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Angin, pasang surut, dan efek debit sungai secara luas menyebabkan terjadinya arus pantai. (Jansen, 2018)

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 antarsumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari.

Pembangkit Pasang Surut

Gaya-gaya pembangkit pasang surut ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antar 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).

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-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.

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 elips. 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 beradapada satu garis lurus dalam

keadaan ini terjadi pasang surut purnama (pasangbesar, spring tide). Sedang pada setiap sekitar tanggal 7 dan 21 (seperempat bulandan tiga perempat revolusi bulan terhadap bumi dimana bulan dan mataharimembentuk 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.

Beberapa posisi yang penting untuk diketahui :

1. 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 keadaantersebut disebut bulan mati. Posisi seperti ini akan mengakibatkan adanyagaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi yang saling menguatkan.
2. Matahari-bumi-bulan terletak pada satu sumbu garis lurus. Pada posisikedua ini, bulan sedang purnama, karena bulan dapat dilihat penuh daribumi, dan memberikan akibat pada pembangkitan pasang yang samadengan posisi pertama. Akibat posisi tersebut terjadi pasang. Pasangseperti ini dikenal sebagai pasang purnama.
3. Bulan terletak menyiku (membentuk sudut 90°) dari sumbu bersamamatahari-bumi. Pada posisi semacam ini, maka gaya tarik bulan akandiperkecil oleh gaya tarik matahari terhadap massa air di bumi. Hasilnyaterjadi pasang yang kecil yang disebut pasang perbani.

Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerahdalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umumpasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe denganmenggunakan angka pasang surut "F" (tide form number "Formzahl"). Empat tipe pasang surut yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), pasang surutharian ganda (semidiurnal tide) dan dua jenis campuran. Berikut penjelasanmengenai 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 samadan 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 terjadisatu kali pasang dan satu kali surut.

3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (mixed tideprevailing 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 tideprevailing diurnal) : $1.5 < F \leq 3$

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

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

$$F = \frac{A(K1)+A(O1)}{A(M2)+A(S2)} \quad 2.20$$

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

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 tugas akhir 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.

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:

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.

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 Q_p dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p . Jika debit puncak dan waktu keterlambatan dari suatu durasihujan efektif (*lag time*) diketahui, maka hidrograf satuan dapat diestimasi dari UH sintetis SCS.

Parameter – parameter SCS :

$$T_1 = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN \times S^{0,5}} \quad \text{Untuk luas DAS} < 16 \text{ km}^2 \quad 2.21$$

$$T_1 = 0,6 T_c \quad \text{Untuk luas DAS} \geq 16 \text{ km}^2 \quad 2.22$$

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_1 \quad 2.23$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A}{T_p} \quad 2.24$$

$$T_b = \frac{8}{3} T_p \quad \text{Untuk luas DAS} < 2 \text{ km}^2 \quad 2.25$$

$$T_b = 5 \frac{s}{d} 20 T_p \quad 2.26$$

Menghitung Time of Concentration (T_c):

$$T_c = \frac{0,606 (L.N)^{0,467}}{s^{0,224}}$$

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.

Analisis Hidraulika

Klasifikasi Aliran

Berdasarkan fungsi waktu, aliran dapat dibedakan menjadi:

- a. Aliran permanen (*steady flow*) apabila kedalaman aliran tidak berubah

atau konstan sepanjang waktu tertentu.

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

Berdasarkan fungsi ruang, aliran dapat dibedakan menjadi:

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

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:

$$z_1 + y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_e \quad 2.27$$

dengan:

z_1, z_2 = Beda tinggi dasar saluran terhadap bidang persamaan.

y_1, y_2 = Tinggi muka air dari dasar saluran.

$\alpha_1, \alpha_2 =$ Koefisien koreksi pembagian kecepatan.

$V_1^2, V_2^2 =$ Kecepatan aliran rata – rata.

$h_e =$ Kehilangan energi.

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

$$h_e = L \times S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad 2.28$$

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:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad 2.29$$

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 *nManning* di titik pembagian (lokasi dimana nilai *n* berubah) sebagai dasar pembagian. *Conveyance* dihitung dalam masing – masing bagian mengikuti persamaan *Manning*:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad 2.30$$

Dengan persamaan debit menjadi:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad 2.31$$

Nilai *Conveyance* untuk tiap bagian merupakan persamaan berikut:

$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3} \quad 2.32$$

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:

$$Q = KS_f^{1/2} \quad 2.33$$

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).

Nilai *nManning* 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 n_c akan dihitung.

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).

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^n P_i n_i^{1.48}}{P} \right]^{2/3} \quad 2.34$$

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 2.12 menunjukkan bagaimana memperoleh energi rata – rata untuk sebuah penampang melintang yang terdiri dari saluran utama dan bantaran kanan (tanpa bantaran kiri).

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

$$\alpha = \frac{[Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2]}{Q V^2} \quad 2.35$$

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:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3} \quad 2.36$$

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:

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

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 2.11, 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 $Q_{(x+\Delta x)}$ dan A_t . Luas total aliran jumlah luas aliran pada saluran (A) dan luas tampungan di luar saluran (S).

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:

$$Q - \frac{\partial Q \Delta x}{\partial x \Delta t} \tag{2.37}$$

Laju aliran keluar (*outflow*) menjadi:

$$Q + \frac{\partial Q \Delta x}{\partial x \Delta t} \tag{2.38}$$

Laju perubahan debit aliran terhadap jarak dalam tampungan adalah:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \tag{2.39}$$

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:

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

atau

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + T \frac{\partial y}{\partial t} = q \quad 2.40$$

atau

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad 2.41$$

dimana:

A = Luas penampang melintang aliran.

Q = Debit aliran.

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

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

$$\frac{\partial(VA)}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad 2.42$$

atau

$$V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad 2.43$$

Hubungan tersebut adalah:

$$y = H - z \quad 2.44$$

dimana:

H = Tinggi muka air.

z = Tinggi dasar saluran terhadap bidang acuan.

Dari persamaan 2.40 diperoleh:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial H}{\partial t} \quad 2.45$$

Untuk aliran langgeng, perubahan debit yang masuk ke dalam ruang til

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menerapkan metode interaksi pasang air laut dan aliran sarat sedimen terhadap analisis tinggi muka air banjir di sungai bailang yang ramah lingkungan dan bermanfaat untuk meminimalisir resiko terjadinya genangan air banjir.

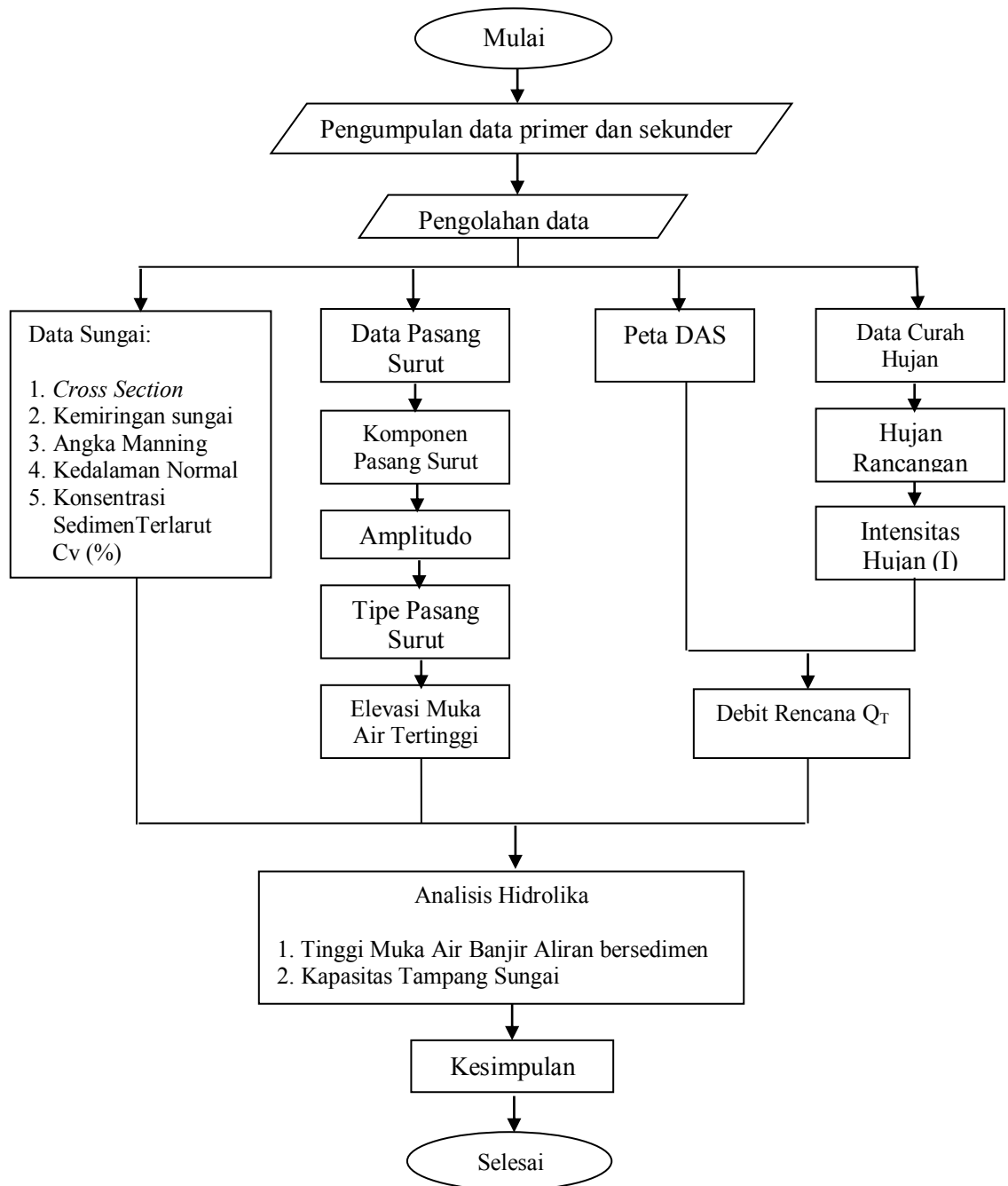
3.2 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini manfaat yang diharapkan yaitu menjadi bahan informasi untuk instansi terkait yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di sekitar muara sungai Bailang.

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 Bailang.

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.

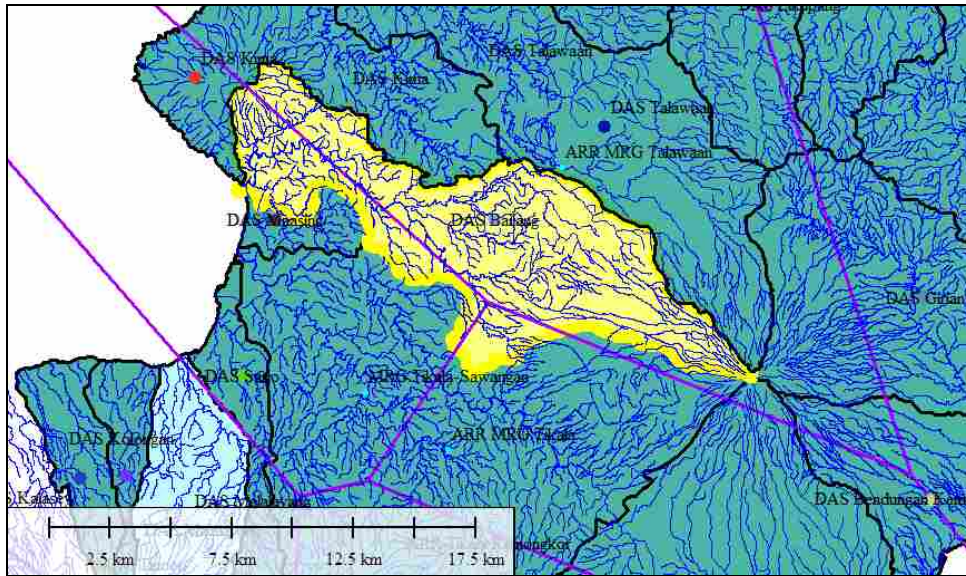
1. Ketua Tim (Dr. Eng. Ir. Liany A. Hendratta) dengan latar belakang bidang ilmu Teknik Sumber Daya Air, bertugas untuk menganalisis seluruh data sungai dan analisis hidrolika. Sebagai ketua tim juga bertanggung jawab atas keseluruhan jalannya penelitian.
2. Anggota Tim (Dr.Eng. Ir.Sukarno, MT) dengan 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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Bailang. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer *Global Mapper* dengan menggunakan data SIG yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga diperoleh luas DAS Bailang sebesar 99,176 Km².



Sumber: "Global Mapper, Data SIG Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

Gambar 5. 1 Gambar DAS Bailang

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Bailang dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 sampai dengan tahun 2017. Pos hujan yang digunakan sebanyak 3 Pos Hujan, yaitu: MRG Tikala-Sawangan, MRG Talawaan, MRG Tikala. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai 2017.

Tabel 5. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	MRG Tikala-	MRG Talawaan	MRG Tikala

	Sawangan		
2008	130,8	161	70
2009	100,3	106	50,3
2010	123	110	175,5
2011	120,3	141,5	57
2012	110	118	90,2
2013	180,4	94	80,6
2014	170,7	94	177
2015	90	131	105
2016	90,7	151	478
2017	180	183	149

Sumber: "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

Perhitungan dilakukan menggunakan rumus curah hujan rata-rata dengan cara *Polygon Thiessen* dengan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$\bar{R}_{2008} = \frac{(20,718 \times 130,8) + (72,622 \times 161) + (5,836 \times 70)}{20,718 + 72,622 + 5,836}$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata – rata

A_1 = Luas Daerah mewakili MRG Tikala Sawangan (Km²)

A_2 = Luas Daerah mewakili MRG Talawaan (Km²)

A_3 = Luas Daerah mewakili MRG Tikala (Km²)

R_1 = Curah hujan harian maksimum MRG Tikala Sawangan (mm)

R_2 = Curah hujan harian maksimum MRG Talawaan (mm)

R_3 = Curah hujan harian maksimum MRG Tikala (mm)

Tabel 5. 2 Data Curah Hujan Rerata Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	3 MRG
2008	149,3362951

2009	101,5316024
2010	116,5700573
2011	132,0988989
2012	114,6929015
2013	111,260555
2014	114,9068585
2015	120,9050778
2016	157,6455251
2017	180,37257

Analisis Data *Outlier*

Pengujian data *outlier* dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim. Berikut adalah uji *outlier* data hujan harian maksimum 3 pos hujan.

Tabel 5. 3 Parameter Uji *Outlier* 3 Pos Hujan

No.	R=x	log x	log x - log \bar{x}	(log x - log \bar{x}) ²	(log x - log \bar{x}) ³
1	149,336	2,174165	0,067088051	0,004500807	0,00030195
2	101,532	2,006601	-0,100476081	0,010095443	-0,001014351
3	116,57	2,066587	-0,040490312	0,001639465	-6,63825E-05
4	132,099	2,120899	0,013821876	0,000191044	2,64059E-06
5	114,693	2,059537	-0,047540782	0,002260126	-0,000107448
6	111,261	2,046341	-0,0607361	0,003688874	-0,000224048
7	114,907	2,060346	-0,04673137	0,002183821	-0,000102053
8	120,905	2,082445	-0,024632781	0,000606774	-1,49465E-05
9	157,646	2,197682	0,090604326	0,008209144	0,000743784
10	180,373	2,25617	0,149093172	0,022228774	0,003314158
	$\Sigma =$	21,07077		0,055604271	0,002833305

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{21,07077}{10} = 2,107077$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,055604271}{10 - 1}} = 0,078602$$

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

$$= \frac{10}{(10 - 1)(10 - 2)0,078602^3} 0,0028 = 0,810$$

Nilai CS_{\log} tidak lebih kecil dari -0,4 dan lebih besar dari 0,4 sehingga dapat dipilih dilakukan uji *outlier* tinggiterlebih dahulu,

Sebelum dilakukan uji *outlier*, dihitung terlebih dahulu nilai Kn sesuai persamaan 2.7 karena nilai CS_{\log} lebih tinggi dari 0,4.

$$Kn = (-0,62201) + (6,28446 \times 10^{1/4}) - (2,49835 \times 10^{1/2})$$

$$+ (0,491436 \times 10^{3/4}) - (0,037911 \times 10) = 5,037$$

Uji *outlier* tinggi dihitung dengan persamaan 2.5

$$\text{Log } x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{\log} = 2,107077 + 5,037 \times 0,078602$$

$$\text{Log } x_h = 2,5030$$

$$x_h = 318,443$$

Hasil perhitungan *outlier* tinggi = **318,44** masih lebih tinggi dari nilai hujan tertinggi yaitu **180,373** maka tidak dilakukan koreksi data dan dilanjutkan dengan uji *outlier* rendah.

$$\text{Log } x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{\log} = 2,107077 - 5,037 \times 0,078602$$

$$\text{Log } x_l = 1,7111$$

$$x_l = 51,418$$

Hasil perhitungan *outlier* rendah = **51,418** masih lebih rendah dari nilai hujan terendah yaitu **101,5316**.

Untuk hasil uji *outlier* pos hujan lainnya dapat dilihat pada tabel

5.4.

Tabel 5. 4 Data Curah Hujan Harian Maksimum Setelah Uji *Outlier*

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
	3 MRG
2008	149,336
2009	101,532
2010	116,57
2011	132,099
2012	114,693
2013	111,261
2014	114,907
2015	120,905
2016	157,646
2017	180,373

Analisis Frekuensi Hujan

Analisis frekuensi hujan dilakukan untuk menentukan besarnya hujan yang terjadi pada periode ulang tertentu. Tahapan analisis frekuensi hujan meliputi penentuan tipe distribusi hujan, kemudian dilakukan perhitungan besarnya hujan berdasarkan kala ulang menggunakan persamaan yang sesuai dengan tipe distribusi.

Penentuan Tipe Distribusi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistik yaitu rata – rata hitung atau *mean* (\bar{X}), simpangan baku (S), koefisien kemencengan (C_s), koefisien variasi (C_v) dan koefisien kurtosis (C_k). Untuk membantu perhitungan parameter untuk penentuan tipe distribusi, dibuat tabel 4.5 berikut:

Tabel 5. 5 Perhitungan Parameter Penentuan Jenis Sebaran

Ranking	R=x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^3$	$(x - \bar{x})^4$
1	101,532	-28,4004	806,58452	-22907,3	650578,594
2	111,261	-18,6715	348,62414	-6509,33	121538,788
3	114,693	-15,2391	232,23116	-3539	53931,3135
4	114,907	-15,0252	225,7559	-3392,02	50965,7278
5	116,57	-13,362	178,54243	-2385,68	31877,398
6	120,905	-9,02696	81,48594	-735,57	6639,95848
7	132,099	2,166865	4,6953029	10,17409	22,0458694
8	149,336	19,40426	376,52534	7306,196	141771,333
9	157,646	27,71349	768,03758	21285	589881,727
10	180,373	50,44054	2544,2477	128333,2	6473196,12
Σ	1299,32	2,27E-13	5566,73	117465,6	8120403,01

Rata – rata hitung:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{10} \times 1299,32$$

$$= 129,932$$

Simpangan Baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{5566,73}{10 - 1}}$$

$$= 24,8702$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

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

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 24,8702^3} \times 117465,6$$

$$= 1,06058$$

Koefisien Variasi:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{24,8702}{129,932} = 0,19141$$

Koefisien Kurtosis:

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

$$= \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \cdot 24,8702^4} \times 8120403,01 = 4,21145$$

Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik C_s , C_v dan C_k dengan syarat untuk tiap tipe distribusi. Penentuan jenis sebaran disajikan dalam tabel 5.6 berikut:

Tabel 5. 6 Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	1,06058	Tidak Memenuhi
	$C_k = 3$	4,21145	Tidak Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 \cdot C_v$ $= 0,8392$	1,06058	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$ $= 4,2778$	4,2114	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1.14$	1,06058	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5.40$	4,2114	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Hasil penentuan tipe sebaran menunjukkan tidak ada parameter statistik dari data pengamatan yang memenuhi syarat untuk distribusi normal, log normal dan distribusi gumbel. Maka akan digunakan distribusi Log Pearson tipe III.

Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III menggunakan rumus pada persamaan 2.17 yaitu:

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

Dari rumus tersebut diperlukan perhitungan parameter statistik yaitu nilai $S_{\log X}$, dan data dalam bentuk log. Nilai $C_{S_{\log X}}$ juga diperlukan untuk mencari nilai K . Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik sebagai berikut:

Tabel 5. 7 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	101,532	2,0066	-0,1005	0,01009544	-0,00101435
2	111,261	2,04634	-0,0607	0,00368887	-0,00022405
3	114,693	2,05954	-0,0475	0,00226013	-0,00010745
4	114,907	2,06035	-0,0467	0,00218382	-0,00010205
5	116,57	2,06659	-0,0405	0,00163947	-6,6382E-05
6	120,905	2,08244	-0,0246	0,00060677	-1,4947E-05
7	132,099	2,1209	0,01382	0,00019104	2,6406E-06
8	149,336	2,17417	0,06709	0,00450081	0,00030195
9	157,646	2,19768	0,0906	0,00820914	0,00074378
10	180,373	2,25617	0,14909	0,02222877	0,00331416
Σ	$\Sigma =$	21,0708	8,9E-16	0,05560427	0,0028333

Rata – rata hitung:

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log Y_i = \frac{1}{10} \times 21,0708 \\ &= 2,10708 \end{aligned}$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,05560427}{10 - 1}}$$

$$= 0,0786$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log Y_i - \overline{\log Y})^3$$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2) \cdot 0,0786^3} \times 0,0028333$$

$$= 0,81033 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

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	: 0,77886
10 Tahun	: 1,33631
25 Tahun	: 1,99558
50 Tahun	: 2,45765
100 Tahun	: 2,897818

Selanjutnya adalah perhitungan hujan kala ulang 5 tahun

$$\log X_{TR} = \bar{Y} + K \cdot S_{\log X} = 2,10708 + (0,77886) \times 0,0786$$

$$= 2,1683$$

$$X_{TR} = 10^{2,1683} = 147,332 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan untuk kala ulang lainnya terdapat pada tabel 4.10:

Tabel 5. 8 Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR}
5 Tahun	2,1683	147,332 mm
10 Tahun	2,21211	162,972 mm
25 Tahun	2,26393	183,626 mm
50 Tahun	2,30025	199,643 mm
100 Tahun	2,33485	216,198 mm

Pola Distribusi Hujan Jam - Jaman

Distribusi hujan jam – jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah Manado dan sekitarnya.

Tabel 5. 9 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"

Perhitungan dilakukan dengan mengalikan besar hujan tiap kala ulang ke tiap % distribusi hujan. Hasil perhitungan untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

Kala Ulang 5 Tahun

$$P = 147,332 \text{ mm}$$

Tabel 5. 10 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)	79,55 9	32,413 1	11,7 8	8,83 9	4,41 9	1,47 3	4,41 9	4,41 9

Kala Ulang 10 Tahun

$$P = 162,972 \text{ mm}$$

Tabel 5. 11 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)	88,00 5	35,853 9	13,0 4	9,77 9	4,88 9	1,62 9	4,88 9	4,88 9

Kala Ulang 25 Tahun

$$P = 183,626 \text{ mm}$$

Tabel 5. 12 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)	99,15 8	40,39 7	14,69	11,02	5,508	1,836	5,51	5,5 1

Kala Ulang 50 Tahun

$$P = 199,643 \text{ mm}$$

Tabel 5. 13 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)	107,80 7	43,92	15,9 7	11,9 7	5,98 9	1,99 6	5,98 9	5,98 9

Kala Ulang 100 Tahun

$$P = 216,198 \text{ mm}$$

Tabel 5. 14 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)	116,747	47,5 6	17,2 9	12,9 7	6,48	2,16	6,48	6,48

Perhitungan Nilai SCS Curve Number (CN)

Nilai **CN** ditentukan melalui jenis tutup lahan dan jenis tanah pada DAS. Pada daerah dengan beberapa jenis tutup lahan, nilai **CN** dapat ditentukan dengan

mengalikan persentase luas area ke nilai *CN* area tersebut. Berikut tabel jenis dan luas tutup lahan DAS Bailang sesuai data SIG BWSS-1:

Tabel 5. 15 Jenis dan Luas Tutup Lahan DAS Bailang

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)
Pemukiman (38% kedap air)	8,6554	8,727
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi) Ladang	9,694	9,775
Hutan (penutupan baik)	8,5322	8,603
Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb (kondisi sedang: rumput menutup 50%-75% luasan)	13,634	13,747
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi) Kebun Campuran	58,6604	59,148
Total	99,176	100

Sumber: "Balai Wilayah Sungai Sulawesi I"

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Bailang didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai *CN* tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total. Untuk Nilai *CN* tiap tutup lahan diambil dari tabel 2.2 dan jenis tanah pada DAS Bailang adalah lempung berpasir (*sandy loam*).

Tabel 5. 16 Perhitungan Nilai *CN* Rata – Rata DAS Bailang

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	<i>CN</i> Tiap Lahan	<i>CN</i>
-------------------	-------------------------	----------------	----------------------	-----------

Pemukiman (30% kedap air)	8,6554	8,727	72	6,2837
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi) Ladang	9,694	9,775	71	6,9399
Hutan (penutupan baik)	8,5322	8,603	55	4,7317
Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf,kuburan,dsb (kondisi sedang:rumpit menutup 50%- 75% luasan)	13,634	13,747	69	9,4856
Tanah yang diolah dan ditanami (tanpa konservasi) Kebun Campuran	58,6604	59,148	71	41,9949
Total	99,176	100	-	69,4358

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Bailang adalah 69,4358.

Analisis Pasang Surut

Analisis pasang surut di muara sungai Bailang dilakukan dengan menggunakan data pasang surut beserta komponen pasang surut tahun 2013 yang bersumber dari TNI-AL LANTAMAL VIII Sulawesi Utara.

Data Pasang Surut

Tabel 5. 17 Data Pasang Surut Bulan Mei Tahun 2013

No	Tanggal	MEI 2013																							
		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	1 mei 2013	0,8	0,6	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8	2,0	2,1	2,0	1,7	1,4	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5	1,4	1,2
2	2 mei 2013	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,8	1,9	1,8	1,6	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3
3	3 mei 2013	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
4	4 mei 2013	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,6	1,6	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3
5	5 mei 2013	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,6	1,7	1,6	1,4	1,2	0,9	0,7	0,7	0,7	0,9	1,1
6	6 mei 2013	1,4	1,6	1,7	1,7	1,6	1,4	1,1	0,9	0,7	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,6	1,4	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9
7	7 mei 2013	1,2	1,5	1,8	1,9	1,8	1,6	1,3	1,0	0,7	0,5	0,5	0,7	1,0	1,3	1,6	1,8	1,8	1,6	1,3	1,0	0,7	0,5	0,5	0,7
8	8 mei 2013	1,0	1,4	1,8	2,0	2,0	1,9	1,6	1,2	0,8	0,5	0,4	0,5	0,7	1,1	1,4	1,7	1,8	1,8	1,5	1,2	0,8	0,6	0,5	0,6
9	9 mei 2013	0,9	1,3	1,7	2,0	2,2	2,1	1,8	1,4	1,0	0,6	0,3	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6	1,8	1,8	1,7	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5
10	10 mei 2013	0,7	1,1	1,5	1,9	2,2	2,2	2,1	1,7	1,2	0,8	0,4	0,3	0,3	0,6	1,0	1,3	1,7	1,8	1,7	1,5	1,2	0,8	0,6	0,5
11	11 mei 2013	0,6	0,9	1,3	1,8	2,1	2,3	2,2	1,9	1,5	1,0	0,6	0,3	0,3	0,4	0,7	1,1	1,5	1,7	1,7	1,6	1,3	0,9	0,7	0,5
12	12 mei 2013	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0	2,2	2,3	2,1	1,7	1,3	0,8	0,5	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,5	1,7	1,6	1,4	1,1	0,8	0,6
13	13 mei 2013	0,5	0,7	1,0	1,4	1,8	2,1	2,2	2,2	1,9	1,5	1,1	0,7	0,4	0,4	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,6	1,4	1,2	0,9	0,7
14	14 mei 2013	0,6	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,1	2,2	2,0	1,7	1,3	0,9	0,6	0,5	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3	1,0	0,8
15	15 mei 2013	0,7	0,6	0,8	1,0	1,4	1,7	2,0	2,1	2,0	1,8	1,5	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0
16	16 mei 2013	0,8	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9	1,9	1,8	1,6	1,3	1,1	0,8	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,1
17	17 mei 2013	1,0	0,9	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	1,8	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
18	18 mei 2013	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
19	19 mei 2013	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4
20	20 mei 2013	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,3
21	21 mei 2013	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,7	0,9	1,1
22	22 mei 2013	1,4	1,7	1,9	1,9	1,8	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6	0,6	0,8	1,1	1,4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,1	0,9	0,6	0,6	0,7	0,9
23	23 mei 2013	1,3	1,6	1,9	2,1	2,1	1,8	1,5	1,1	0,7	0,5	0,4	0,5	0,8	1,1	1,5	1,7	1,8	1,6	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5	0,7
24	24 mei 2013	1,0	1,4	1,9	2,2	2,3	2,1	1,8	1,4	0,9	0,5	0,3	0,3	0,5	0,9	1,3	1,6	1,8	1,8	1,6	1,2	0,9	0,5	0,4	0,5
25	25 mei 2013	0,7	1,2	1,7	2,1	2,3	2,4	2,1	1,7	1,2	0,7	0,3	0,2	0,3	0,6	1,0	1,4	1,7	1,8	1,7	1,5	1,1	0,7	0,4	0,4
26	26 mei 2013	0,5	0,9	1,4	1,9	2,3	2,5	2,4	2,0	1,5	1,0	0,5	0,2	0,1	0,3	0,7	1,1	1,5	1,8	1,8	1,6	1,3	0,9	0,6	0,4
27	27 mei 2013	0,4	0,6	1,1	1,8	2,1	2,4	2,5	2,3	1,9	1,4	0,8	0,4	0,2	0,2	0,4	0,8	1,3	1,6	1,8	1,7	1,5	1,2	0,8	0,5
28	28 mei 2013	0,4	0,5	0,8	1,3	1,7	2,2	2,4	2,4	2,1	1,7	1,2	0,7	0,4	0,2	0,3	0,6	1,0	1,4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,0	0,7
29	29 mei 2013	0,5	0,5	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2	2,3	2,2	1,9	1,5	1,0	0,6	0,4	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,6	1,5	1,3	1,0
30	30 mei 2013	0,7	0,6	0,6	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,1	2,0	1,7	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5	0,6	0,9	1,2	1,4	1,5	1,6	1,4	1,2
31	31 mei 2013	1,0	0,8	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9	1,9	1,8	1,6	1,3	1,0	0,7	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,5	1,4

Sumber: "TNI-AL LANTAMAL VIII Sulawesi Utara"

Komponen Pasang Surut

Hitungan untuk tipe pasang surut di lokasi pengukuran, berdasarkan data pasang surut adalah sebagai berikut :

Tabel 5. 18 Komponen Pasang Surut Tahun 2013

Tetapan yang digunakan	M2	S2	N2	K2	K1	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"

Penentuan Tipe Pasang Surut

Berdasarkan komponen pasang surut maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di muara sungai Bailang dengan menggunakan pasang surut "F" (*tide form number "Formzahl"*). Dimana F ditentukan sebagai berikut :

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

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

Melihat hasil perhitungan untuk kriteria tipe pasang surut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut pada lokasi studi adalah Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*) dengan nilai $0.25 < F < 1.5$

Elevasi Muka Air Tertinggi

Tabel 5. 19 Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data	Satuan	Data
HHWL	cm	250	m	2.5
LLWL	cm	10	m	0.1
MSL	cm	120	m	1.2

Dimana :

- *Higher high water level* (HHWL) : Muka air tertinggi
- *Lowest low water level* (LLWL) : Muka air terendah
- *Mean sea level* (MSL) : Muka Air Rata-rata

Analisis Debit Banjir Rencana

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*.

Pertama, akan dihitung asumsi *lag time* awal dari DAS Bailang dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$L = 69,2 \text{ km.}$$

$$s = 0,017428 \text{ m/m.}$$

$$N = 0,076$$

Perhitungan dilakukan dengan persamaan 2.22 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{0,606(L.N)^{0,467}}{S^{0,234}} \\ &= \frac{0,606(69,2 \cdot 0,076)^{0,467}}{0,017428^{0,234}} \\ &= 3,393842 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 0,6 \cdot T_c \\ &= 0,6 \cdot 3,393842 \end{aligned}$$

$$= 2,036305 \text{ jam}$$

Selanjutnya adalah melakukan kalibrasi parameter HSS SCS dengan menggunakan program komputer HEC-HMS.

Kalibrasi Parameter HSS SCS

Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan. Kalibrasi Parameter HSS SCS perlu dilakukan untuk mencari nilai parameter HSS SCSteroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC – HMS dengan data debit terukur.

Kalibrasi dilakukan pada DAS lokasi penelitian dengan data debit terukur dilapangan.

Metode Analisis Regional

Data debit sungai Bailang dapat diperkirakan dengan cara metode analisis regional. Data hujan dan data debit sungai yang digunakan adalah data tahun 2013. Data debit sungai yang digunakan sebagai perbandingan adalah data debit sungai Bailang di titik pos debit. Berikut adalah data debit sungai Bailang di titik pos debit pada tahun 2013.

Tabel 5. 20 Data Debit Sungai Bailang Tahun 2013 (m³/det)

BULAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
TGL												
1	21,00	20,35	3,480	4,310	6,068	1,134	2,158	1,891	1,324	1,427	3,109	3,480
2	19,11	19,11	2,934	6,068	5,265	1,046	1,324	3,291	1,324	1,648	2,604	3,109
3	16,769	13,637	2,604	17,335	6,068	1,226	1,226	4,310	1,226	1,134	2,022	2,934
4	31,523	9,721	2,449	8,969	4,091	0,885	1,134	3,480	1,134	1,767	2,449	4,310
5	17,335	8,608	2,934	5,265	2,934	0,963	0,963	6,068	1,046	1,134	3,291	4,771
6	24,429	9,721	2,301	5,792	2,766	1,046	1,134	4,310	1,324	1,535	2,934	4,310
7	37,919	10,113	2,022	15,149	2,934	0,811	1,134	3,291	2,604	1,226	2,022	4,771
8	32,388	8,608	1,767	10,113	2,766	0,811	1,134	2,816	2,449	4,771	1,767	5,792
9	29,022	7,263	1,648	6,951	2,604	1,134	2,158	3,109	1,427	2,934	1,535	5,524
10	21,658	11,786	1,535	5,524	3,291	1,535	1,891	2,301	1,226	2,604	1,767	7,263
11	21,658	11,351	1,535	4,091	3,109	0,556	4,771	1,648	1,134	2,158	3,109	5,014
12	25,157	10,515	1,427	3,676	4,771	2,449	2,301	1,226	1,046	1,767	3,291	4,091
13	23,715	9,340	1,226	5,014	5,265	3,480	2,022	1,324	1,046	1,427	2,934	5,524
14	17,335	10,928	1,046	3,880	4,310	5,792	1,648	1,226	1,226	1,226	3,109	9,340

15	13,637	13,637	0,963	3,109	3,676	3,109	4,537	1,324	1,767	1,134	2,449	9,721
16	9,721	12,689	0,885	2,604	3,109	1,891	13,637	1,535	2,022	1,046	3,676	6,647
17	7,916	467,07	0,811	2,934	2,449	1,427	11,351	1,324	4,091	1,046	4,537	38,899
18	6,647	24,429	12,689	7,263	2,158	1,226	8,257	1,226	5,524	0,963	15,149	10,515
19	6,353	23,015	2,604	4,310	2,022	1,046	5,792	1,046	4,537	0,963	22,330	6,647
20	8,257	11,351	1,535	3,291	2,301	0,885	91,914	10,113	3,291	0,885	9,340	5,524
21	25,157	8,608	1,324	2,766	2,934	0,811	13,637	3,109	2,449	1,046	6,353	6,951
22	14,633	14,129	1,134	2,301	2,301	0,741	6,353	4,537	2,301	0,885	4,771	5,265
23	10,113	11,351	9,340	2,158	2,934	0,675	5,265	2,604	1,767	1,324	3,880	11,351
24	12,232	8,969	2,766	2,604	4,310	0,614	3,291	1,891	1,226	1,427	9,721	5,792
25	9,721	5,792	2,449	2,934	3,291	0,614	3,676	1,535	1,134	1,134	11,351	4,310
26	22,330	4,771	1,648	2,158	2,604	0,614	2,604	1,226	1,134	1,046	8,608	6,068
27	36,009	6,951	1,324	15,149	2,158	0,675	3,676	0,885	1,046	0,963	6,353	6,068
28	25,901	4,537	1,767	13,637	2,301	0,675	3,291	0,741	1,046	0,885	6,068	47,363
29	13,157		2,301	7,916	1,891	0,675	2,604	1,226	1,427	1,226	5,265	18,504
30	10,113		1,535	5,014	1,535	1,324	2,022	0,811	1,648	1,046	4,091	14,633
31	11,351		6,353		1,324		1,648	0,741		3,880		10,928

Sumber : "Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1"

Dengan menggunakan rumus analisis regional, maka akan didapat besaran debit untuk sungai Bailang di titik penelitian. Luas daerah aliran sungai Bailang adalah 72,25 km².

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

Dengan :

A₁ = Luas Daerah Aliran Sungai Bailang di titik pos debit (Km²)

A₂ = Luas Daerah Aliran Sungai Bailang di titik penelitian (Km²)

Q₁ = Debit Sungai Bailang di titik pos debit (m³/det)

Q₂ = Debit Sungai Bailang di titik penelitian (m³/det)

Sehingga :

$$Q_2 = \frac{99,176}{72,25} \times 21,00 = 28,82 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 5. 21 Data Debit Sungai Bailang Di Titik Penelitian Tahun 2013(m³/det)

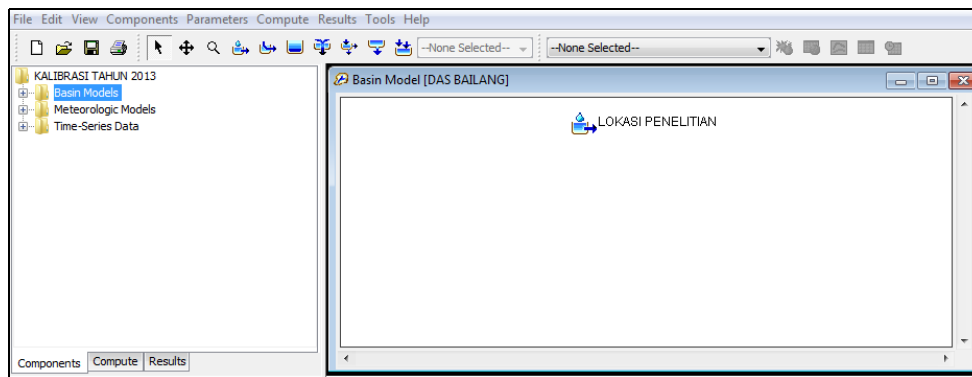
BULAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
TGL												
1	28,82	27,94	4,78	5,92	8,33	1,56	2,96	2,60	1,82	1,96	4,27	4,78
2	26,23	26,23	4,03	8,33	7,23	1,44	1,82	4,52	1,82	2,26	3,57	4,27
3	23,02	18,72	3,57	23,79	8,33	1,68	1,68	5,92	1,68	1,56	2,78	4,03
4	43,27	13,34	3,36	12,31	5,62	1,21	1,56	4,78	1,56	2,43	3,36	5,92
5	23,79	11,82	4,03	7,23	4,03	1,32	1,32	8,33	1,44	1,56	4,52	6,55
6	33,53	13,34	3,16	7,95	3,80	1,44	1,56	5,92	1,82	2,11	4,03	5,92
7	52,05	13,88	2,78	20,79	4,03	1,11	1,56	4,52	3,57	1,68	2,78	6,55
8	44,46	11,82	2,43	13,88	3,80	1,11	1,56	3,86	3,36	6,55	2,43	7,95
9	39,83	9,97	2,26	9,54	3,57	1,56	2,96	4,27	1,96	4,03	2,11	7,58
10	29,73	16,18	2,11	7,58	4,52	2,11	2,60	3,16	1,68	3,57	2,43	9,97
11	29,73	15,58	2,11	5,62	4,27	0,76	6,55	2,26	1,56	2,96	4,27	6,88
12	34,53	14,43	1,96	5,05	6,55	3,36	3,16	1,68	1,44	2,43	4,52	5,62
13	32,55	12,82	1,68	6,88	7,23	4,78	2,78	1,82	1,44	1,96	4,03	7,58
14	23,79	15,00	1,44	5,33	5,92	7,95	2,26	1,68	1,68	1,68	4,27	12,82
15	18,72	18,72	1,32	4,27	5,05	4,27	6,23	1,82	2,43	1,56	3,36	13,34

16	13,34	17,42	1,21	3,57	4,27	2,60	18,72	2,11	2,78	1,44	5,05	9,12
17	10,87	641,10	1,11	4,03	3,36	1,96	15,58	1,82	5,62	1,44	6,23	53,39
18	9,12	33,53	17,42	9,97	2,96	1,68	11,33	1,68	7,58	1,32	20,79	14,43
19	8,72	31,59	3,57	5,92	2,78	1,44	7,95	1,44	6,23	1,32	30,65	9,12
20	11,33	15,58	2,11	4,52	3,16	1,21	126,16	13,88	4,52	1,21	12,82	7,58
21	34,53	11,82	1,82	3,80	4,03	1,11	18,72	4,27	3,36	1,44	8,72	9,54
22	20,08	19,39	1,56	3,16	3,16	1,02	8,72	6,23	3,16	1,21	6,55	7,23
23	13,88	15,58	12,82	2,96	4,03	0,93	7,23	3,57	2,43	1,82	5,33	15,58
24	16,79	12,31	3,80	3,57	5,92	0,84	4,52	2,60	1,68	1,96	13,34	7,95
25	13,34	7,95	3,36	4,03	4,52	0,84	5,05	2,11	1,56	1,56	15,58	5,92
26	30,65	6,55	2,26	2,96	3,57	0,84	3,57	1,68	1,56	1,44	11,82	8,33
27	49,43	9,54	1,82	20,79	2,96	0,93	5,05	1,21	1,44	1,32	8,72	8,33
28	35,55	6,23	2,43	18,72	3,16	0,93	4,52	1,02	1,44	1,21	8,33	65,01
29	18,06		3,16	10,87	2,60	0,93	3,57	1,68	1,96	1,68	7,23	25,40
30	13,88		2,11	6,88	2,11	1,82	2,78	1,11	2,26	1,44	5,62	20,08
31	15,58		8,72		1,82		2,26	1,02		5,33		15,00

Debit rata – rata sungai Bailang di titik penelitian pada tahun 2013 adalah $9,9412 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit ini akan digunakan sebagai *initial discharge* pada program komputer HEC-HMS untuk proses kalibrasi.

Memasukkan Parameter DAS Pada Program Komputer HEC-HMS

Pertama, menambahkan komponen DAS melalui *Basin Model Manager*, selanjutnya dibuat sub-DAS dengan *Subbasin Creation Tool* seperti pada gambar berikut:



Gambar 5. 2 Membuat Elemen Sub-DAS untuk Kalibrasi

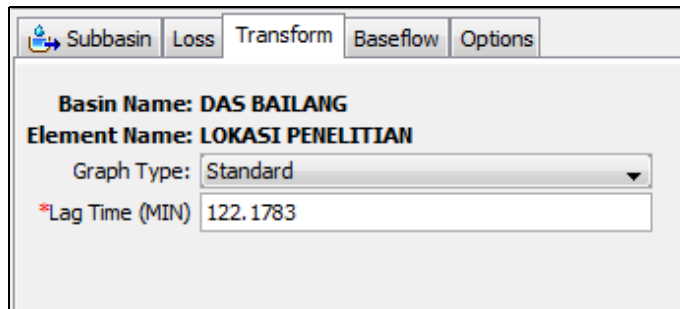
Kedua, memilih metode perhitungan dan memasukkan parameter DAS meliputi luas DAS dan parameter HSS SCS yang diasumsikan kedalam komponen sub DAS.

Subbasin	Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name: DAS BAILANG				
Element Name: LOKASI PENELITIAN				
Description:	<input type="text"/>			
Downstream:	--None--			
*Area (KM2)	99.176			
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 5. 3 Metode Perhitungan yang Dipilih dan Data Luas Sub-DAS yang Dimasukkan

Subbasin	Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name: DAS BAILANG				
Element Name: LOKASI PENELITIAN				
Initial Abstraction (MM)	<input type="text"/>			
*Curve Number:	69.436			
*Impervious (%)	0.0			

Gambar 5. 4 Pengisian Nilai *Curve Number* Pada Bagian *Loss*



Gambar 5. 5 Pengisian Nilai *Lag Time*



Gambar 5. 6 Pengisian Nilai Debit Normal, *Recession Constant*, dan *Threshold Ratio*

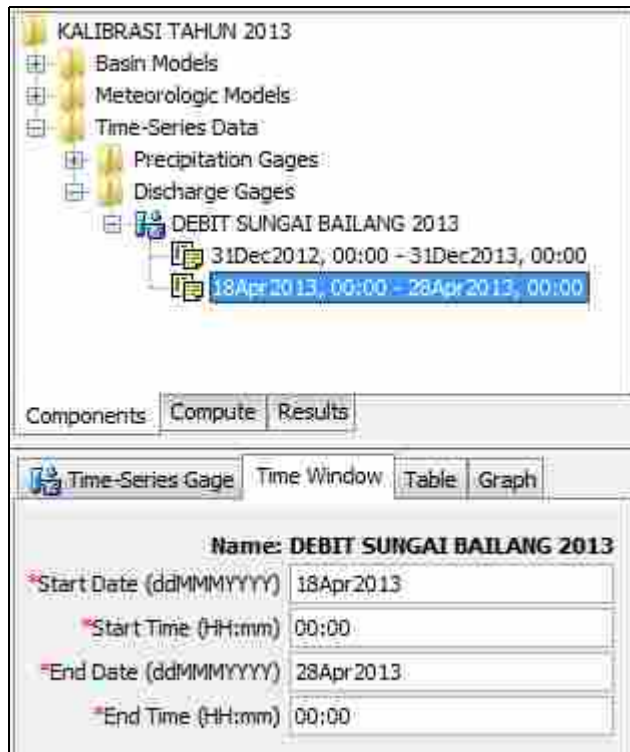
Ketiga, data hujan dan data debit dimasukkan ke komponen *Time-Series Data*. Data hujan dan data debit yang digunakan adalah datatahun 2013, dengan waktu mulai pada 18 April2013 dan waktu selesai 28 April2013.



Gambar 5. 7 Pengisian Waktu Mulai dan Waktu Selesai Data Hujan untuk Kalibrasi

Time-Series Gage		Time Window	Table	Graph
Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)			
31Dec2012, 00:00				
01Jan2013, 00:00	58.0			
02Jan2013, 00:00	18.0			
03Jan2013, 00:00	13.0			
04Jan2013, 00:00	9.5			
05Jan2013, 00:00	5.5			
06Jan2013, 00:00	14.0			
07Jan2013, 00:00	67.0			
08Jan2013, 00:00	38.5			
09Jan2013, 00:00	13.5			
10Jan2013, 00:00	11.5			
11Jan2013, 00:00	26.0			
12Jan2013, 00:00	4.0			
13Jan2013, 00:00	14.0			
14Jan2013, 00:00	12.0			
15Jan2013, 00:00	6.0			
16Jan2013, 00:00	14.0			
17Jan2013, 00:00	5.0			

Gambar 5. 8 Pengisian Data Hujan untuk Kalibrasi



Gambar 5. 9 Pengisian Waktu Mulai dan Waktu Selesai Data Debit untuk Kalibrasi

Time-Series Gage	
Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Discharge (M3/S)
18Apr2013, 00:00	
19Apr2013, 00:00	5.92
20Apr2013, 00:00	4.52
21Apr2013, 00:00	3.80
22Apr2013, 00:00	3.16
23Apr2013, 00:00	2.96
24Apr2013, 00:00	3.57
25Apr2013, 00:00	4.03
26Apr2013, 00:00	2.96
27Apr2013, 00:00	20.79
28Apr2013, 00:00	18.72

Gambar 5. 10 Pengisian Data Debit untuk Kalibrasi

Keempat, pada komponen *sub-Basin*, bagian *Options* untuk *observed flow* dipilih “Debit Sungai Bailang 2013”.

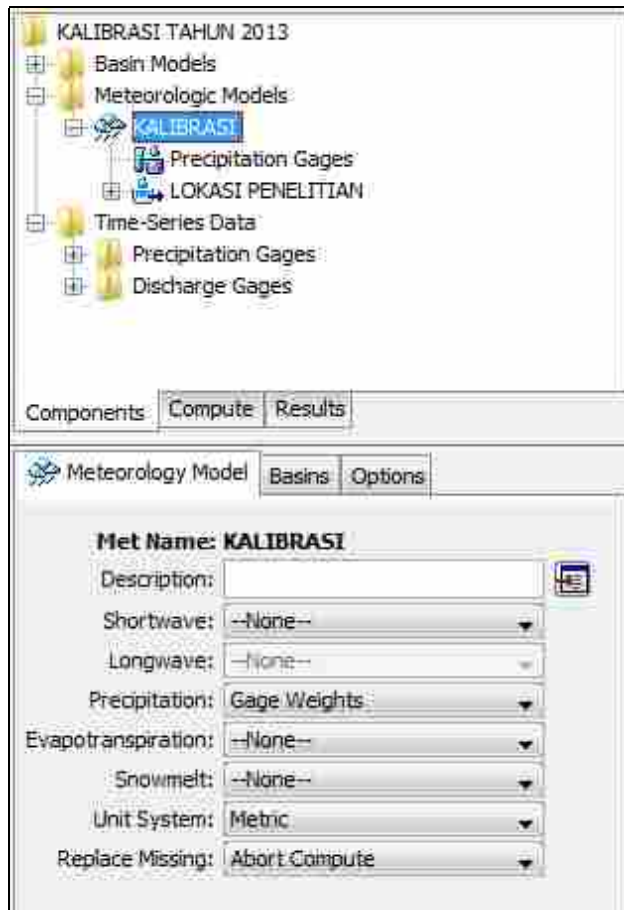
Subbasin Loss Transform Baseflow Options

Basin Name: DAS BAILANG
Element Name: LOKASI PENELITIAN

Observed Flow: DEBIT SUNGAI BAILANG 2013
Observed Stage: --None--
Observed SWE: --None--
Elev-Discharge: --None--
Ref Flow (M3/S)
Ref Label:

Gambar 5. 11 *Observed Flow* dengan Data Debit Sungai Bailang Hasil Analisi Regional 18 April 2013 – 28 April 2013

Kelima, ditambahkan komponen meteorologis (*Meteorologic Models*) untuk perhitungan curah hujan rencana. Metode perhitungan curah hujan yang digunakan adalah *gage weights* dengan menggunakan semua pos hujan dan mengisi persentase pos hujan terhadap DAS yang ditinjau.



Gambar 5. 12 Komponen *Meteorologic Models*

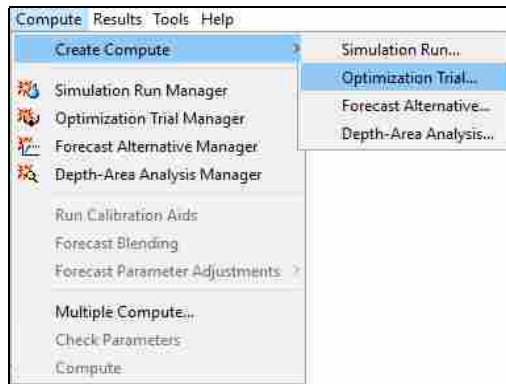
Gage Selections		Gage Weights
Element Name: LOKASI PENELITIAN		
Gage Name	Use Gage	
CURAH HUJAN TALAWAAN	Yes	
CURAH HUJAN TIKALA	Yes	
CURAH HUJAN TIKALA SAWANGAN	Yes	

Gambar 5. 13 Pemilihan Pos Hujan pada Komponen *Meteorologic Models*

Gage Selections		Gage Weights	
Element Name: LOKASI PENELITIAN			
Gage Name	Depth Weight	Time Weight	
CURAH HUJAN TALA...	0.732	0.732	
CURAH HUJAN TIKALA	0.059	0.059	
CURAH HUJAN TIKA...	0.209	0.209	

Gambar 5. 14 Pengisian Persentase Pengaruh Pos Hujan Terhadap DAS

Keenam, untuk proses kalibrasi dilakukan dengan menambahkan perhitungan 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.

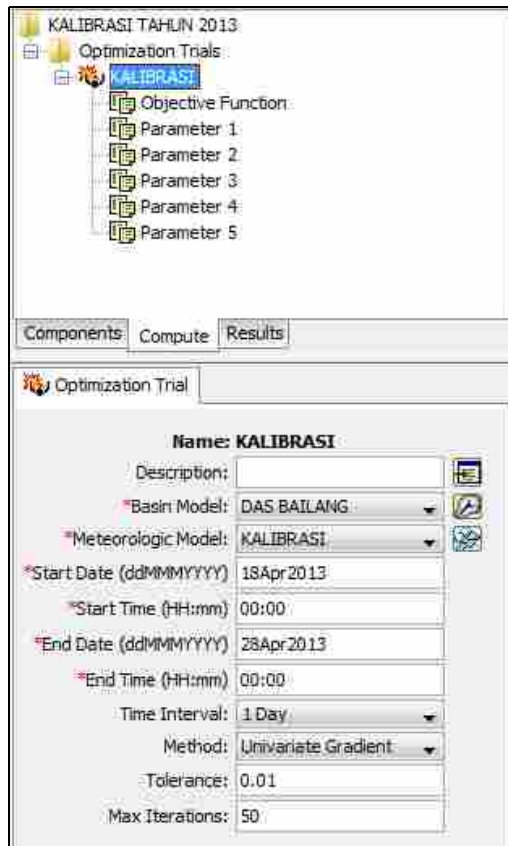


Gambar 5. 15 Penambahan Perhitungan untuk Kalibrasi

Kemudian pada bagian *Compute*, ditentukan waktu mulai dan waktu selesai pada perhitungan *Optimization Trial* yang sudah ada. Selain penentuan waktu mulai dan waktu selesai, bagian lainnya dibiarkan seperti pengaturan awal dari program komputer HEC-HMS.

Untuk waktu mulai dan waktu selesai diambil kalibrasi dengan rentang waktu yaitu pada 18 April 2013 – 28 April 2013.

Selanjutnya menambahkan parameter-parameter yang akan dikalibrasi dan dipilih DAS Bailang sebagai DAS yang parameternya akan dikalibrasi. Dalam kalibrasi ini, 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 5. 16 Penentuan Waktu Mulai dan Waktu Selesai Kalibrasi

Optimization Trial		Parameter 1
Name: KALIBRASI		
Element:	--None Selected--	
Parameter:	Recession - Initial Discharge	
Initial Value (M3/S)	9.9412	
Locked:	No	
Minimum (M3/S)	0.0000	
Maximum (M3/S)	100000.0000	

Gambar 5. 17 Pengisian Parameter *Baseflow*

Optimization Trial		Parameter 2
Name: KALIBRASI		
Element:	LOKASI PENELITIAN	
Parameter:	Recession - Ratio to Peak	
Initial Value	0.5	
Locked:	No	
Minimum	0.0000	
Maximum	1.0000	

Gambar 5. 18 Pengisian Parameter *Ratio to Peak*

Optimization Trial Parameter 3

Name: KALIBRASI

Element: LOKASI PENELITIAN

Parameter: Recession - Recession Constant

Initial Value 0 1

Locked: No

Minimum 0 0.0000

Maximum 0 1.0000

Gambar 5. 19 Pengisian Parameter *Recession Constant*

Optimization Trial Parameter 4

Name: KALIBRASI

Element: LOKASI PENELITIAN

Parameter: SCS Curve Number - Curve Number

Initial Value 0 69.436

Locked: No

Minimum 0 35.000

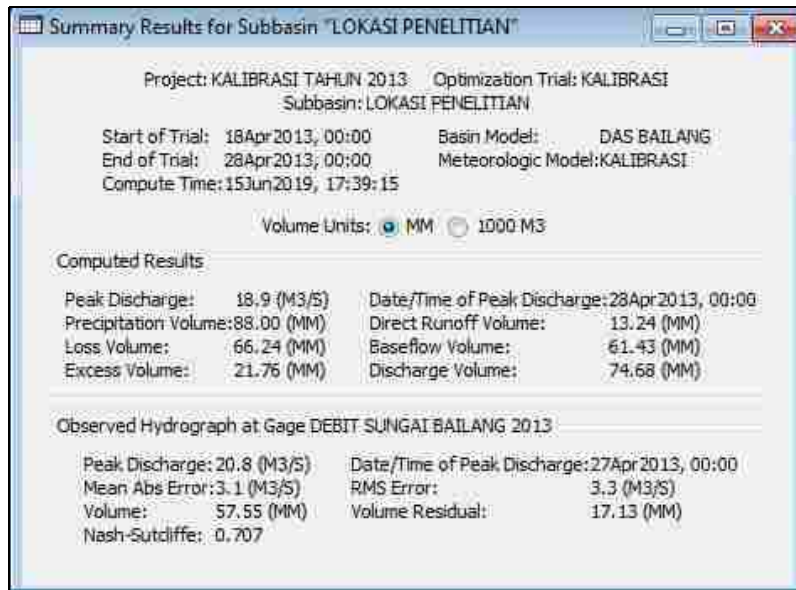
Maximum 0 99.000

Gambar 5. 20 Pengisian Parameter *Curve Number*

Optimization Trial	
Parameter 5	
Name:	KALIBRASI
Element:	LOKASI PENELITIAN
Parameter:	SCS Unit Hydrograph - Lag Time
Initial Value (MIN):	122.1783
Locked:	No
Minimum (MIN):	0.1000
Maximum (MIN):	30000.0000

Gambar 5. 21 Pengisian Parameter *Lag Time*

Ketujuh adalah 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 5. 22 Rangkuman Hasil Kalibrasi

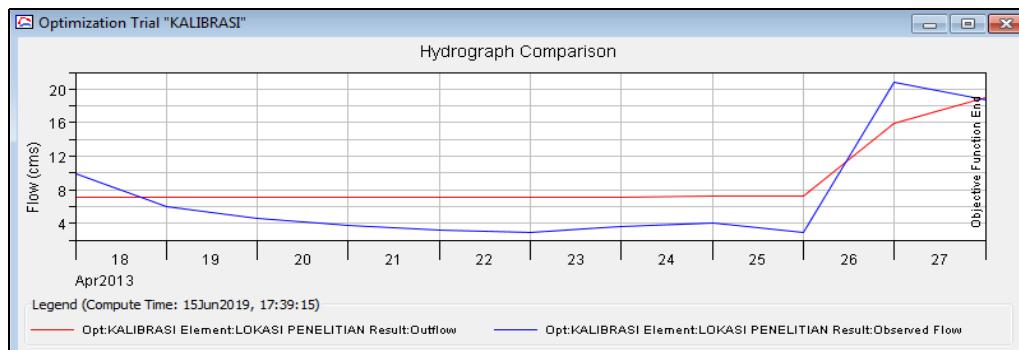
Optimized Parameter Results for Trial "KALIBRASI"

Project: KALIBRASI TAHUN 2013 Optimization Trial: KALIBRASI

Start of Trial: 18Apr2013, 00:00 Basin Model: DAS BAILANG
 End of Trial: 28Apr2013, 00:00 Meteorologic Model: KALIBRASI
 Compute Time: 15Jun2019, 17:39:15

Element	Parameter	Units	Initial Value	Optimized Value	Objective Func... Sensitivity
LOKASI PEN...	Recession - Initial ...	M3/S	9.9412	7.0515	0.39
LOKASI PEN...	Recession - Ratio t...		0.5	0.50000	0.00
LOKASI PEN...	Recession - Reces...		1	1.00000	-0.03
LOKASI PEN...	SCS Curve Number...		69.436	67.527	-2.86
LOKASI PEN...	SCS Unit Hydrogra...	MIN	122.1783	122.18	0.00

Gambar 5. 23 Parameter Teroptimasi Hasil Kalibrasi DAS Bailang



Gambar 5. 24 Grafik Perbandingan Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Hasil kalibrasi menunjukkan nilai *Nash Sutcliffe Efficiency (NSE)* yang baik yaitu $0,707$, dimana kriteria nilai *NSE* terdapat pada tabel 5.23 berikut:

Tabel 5. 22 Kriteria Nilai *Nash Sutcliffe Efficiency*

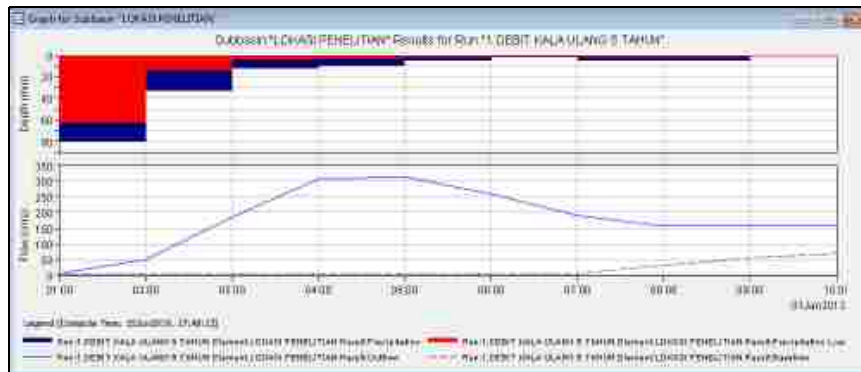
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak Memenuhi

Sumber: Meruntu Philips, 2019 Kala ulang 5 Tahun

Hasil simulasi debit banjir dengan kala ulang 5 tahun menghasilkan debit puncak sebesar $313,9 \text{ m}^3/\text{det}$



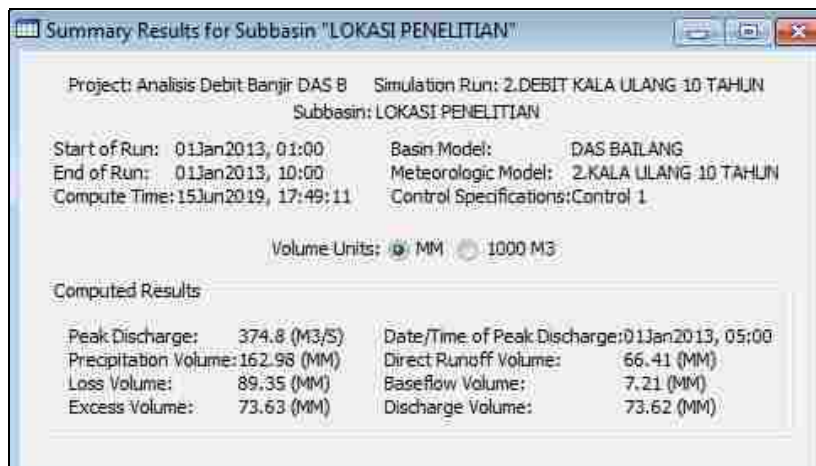
Gambar 5. 25 *Summary Result* Kala Ulang 5 Tahun



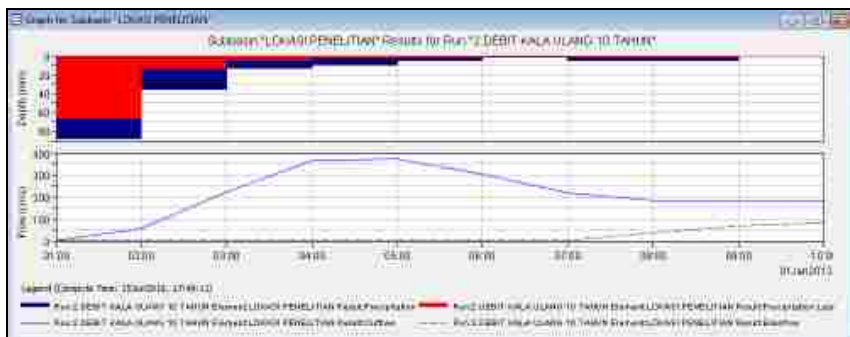
Gambar 5. 26 Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 5 Tahun

- Kala Ulang 10 Tahun

Hasil simulasi debit banjir kala ulang 10 tahun menghasilkan debit puncak sebesar $374,8 \text{ m}^3/\text{det}$



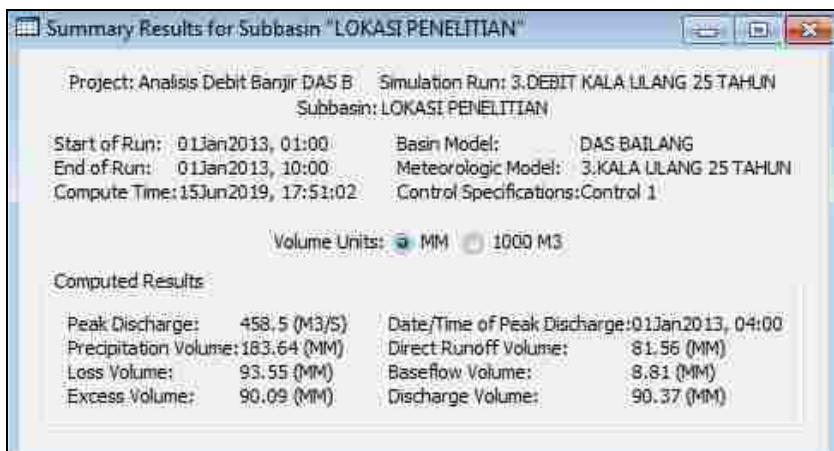
Gambar 5. 27 Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



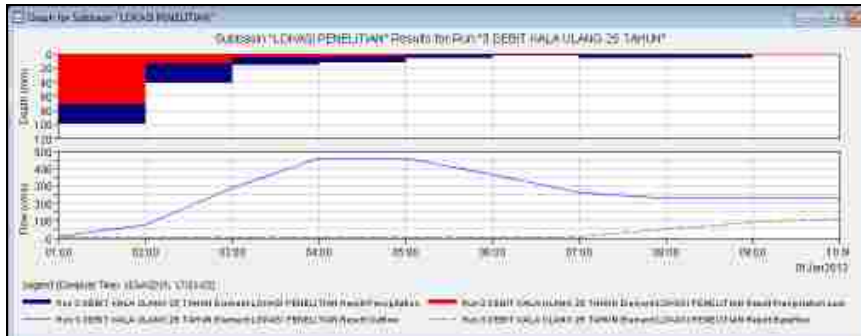
Gambar 5. 28 Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 10 Tahun

- Kala ulang 25 Tahun

Hasil simulasi debit banjir kala ulang 25 tahun menghasilkan debit puncak sebesar $458,5 \text{ m}^3/\text{det}$



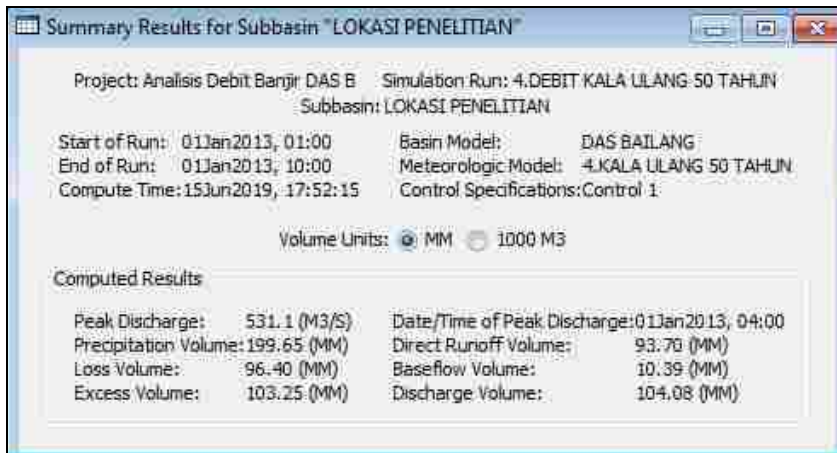
Gambar 5. 29 Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



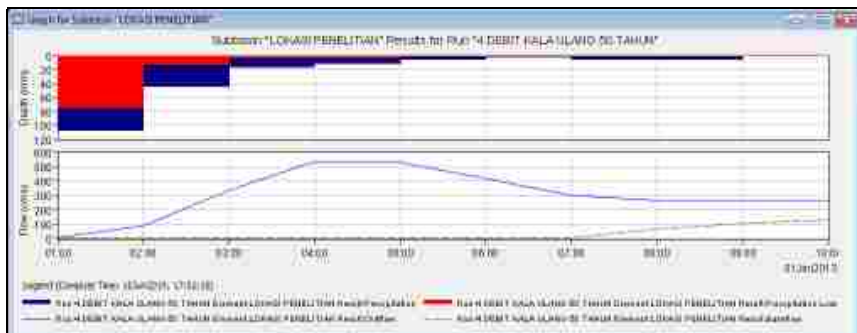
Gambar 5. 30 Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 25 Tahun

- Kala ulang 50 Tahun

Hasil simulasi debit banjir kala ulang 50 tahun menghasilkan debit puncak sebesar $531,1 \text{ m}^3/\text{det}$



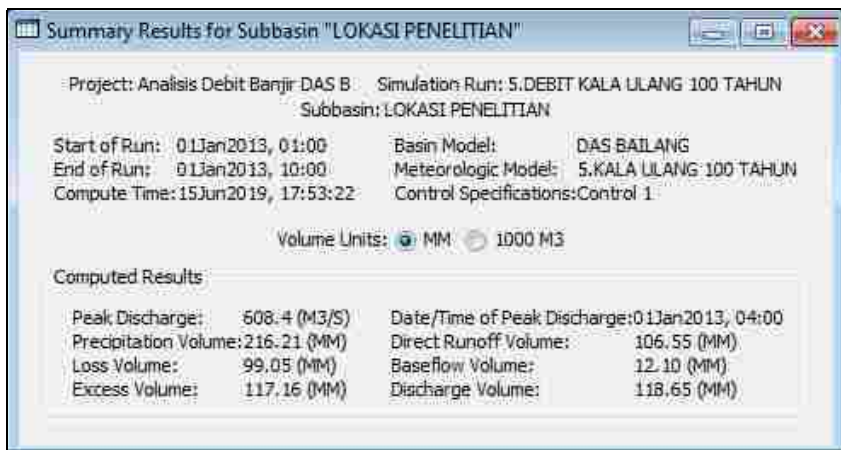
Gambar 5. 31 Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



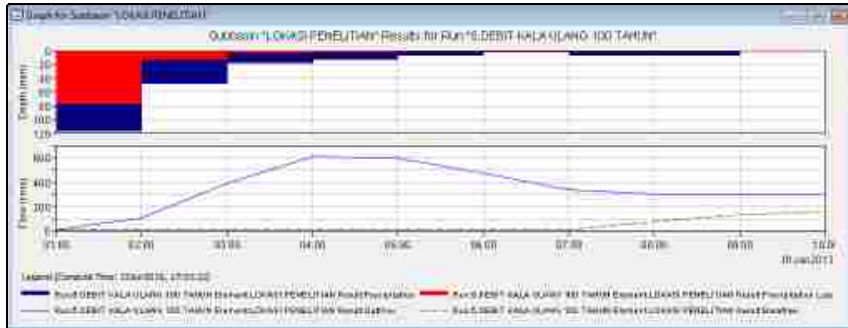
Gambar 5. 32 Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 50 Tahun

- Kala ulang 100 tahun

Hasil simulasi debit banjir kala ulang 100 tahun menghasilkan debit puncak sebesar $608,4 \text{ m}^3/\text{det}$



Gambar 5. 33Summary Result Kala Ulang 100 Tahun



Gambar 5. 34 Hasil Grafik Hidrograf Debit Kala Ulang 100 Tahun

Analisis Tinggi Muka Air Tanpa Pasang Surut

Analisis tinggi muka air tanpa pengaruh pasang surut menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning, dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).

Data penampang sungai Bailang diambil sejauh 200m tepat di daerah sungai yang pernah meluap.

Memasukkan data pada program komputer HEC-RAS

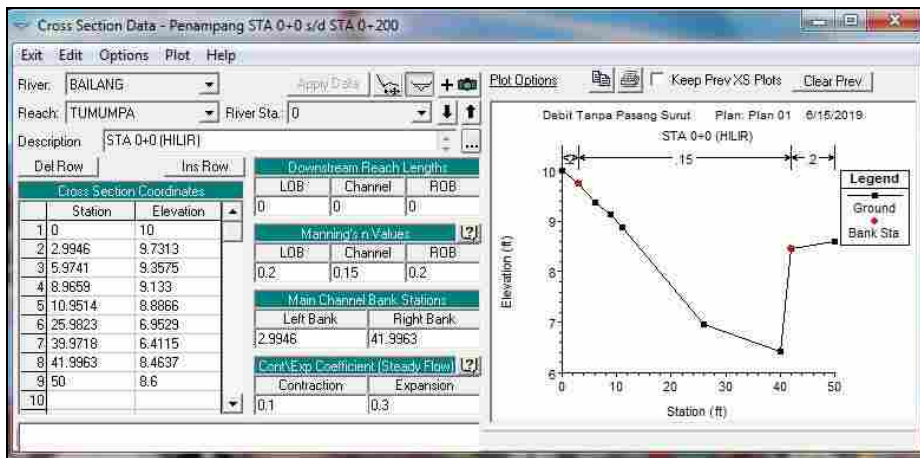
Pada *file* baru dalam program komputer HEC-RAS yang pertama dilakukan adalah memasukkan data penampang melintang (*Cross Section*) sungai Bailang pada bagian *View/Edit geometric data*.



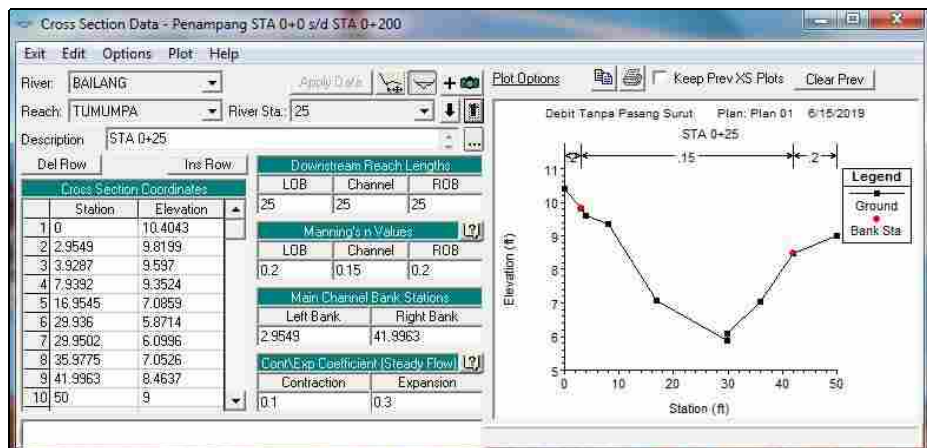
Gambar 5. 35 Menambahkan Data Geometri Sungai Bailang

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

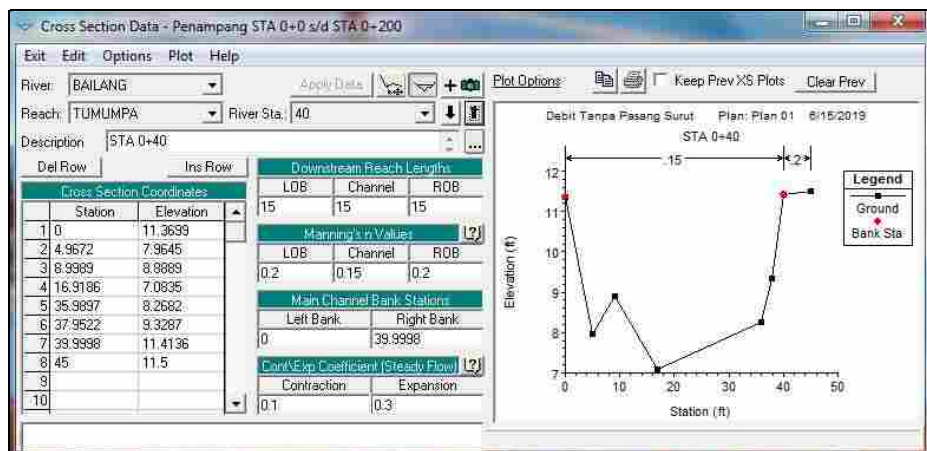
Dengan mengikuti gambar letak penampang sepanjang 200 m, maka gambar penampang melintang untuk sta 0 + 0, 0 + 25, 0 + 40, 0 + 50, 0 + 75, 0 + 95, 0 + 125, 0 + 200 adalah sebagai berikut:



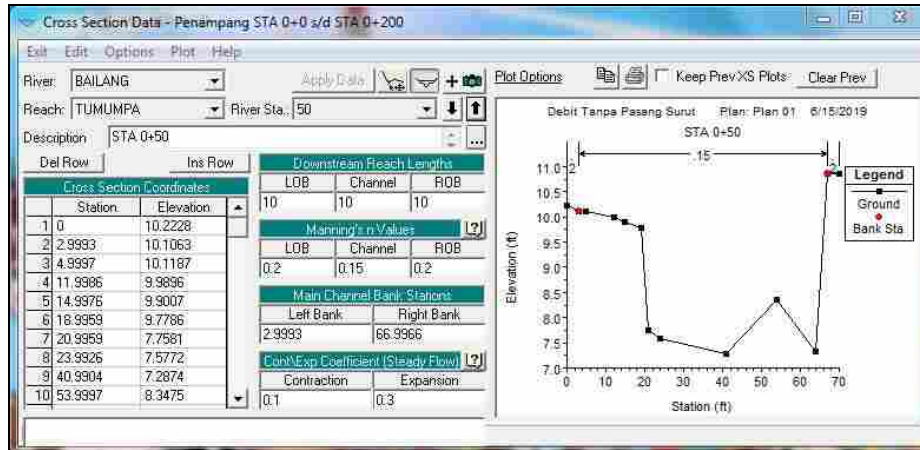
Gambar 5. 36 Data Penampang Melintang Sta 0 + 0 m



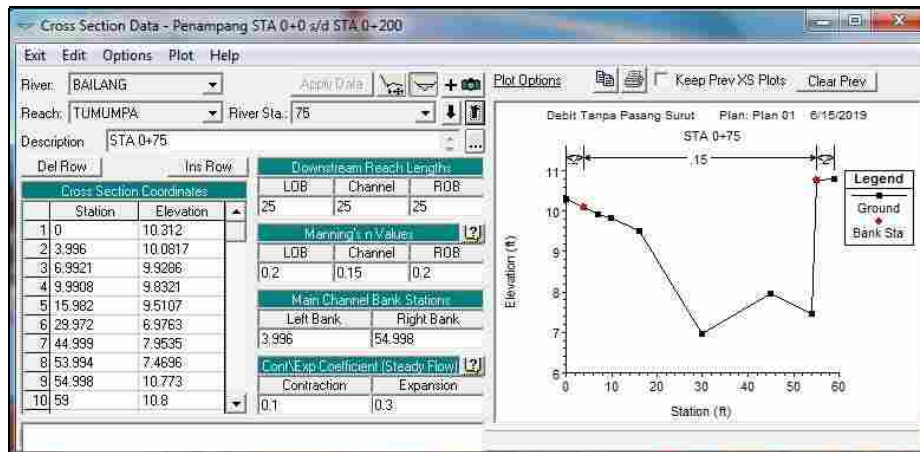
Gambar 5. 37 Data Penampang Melintang Sta 0 + 25 m



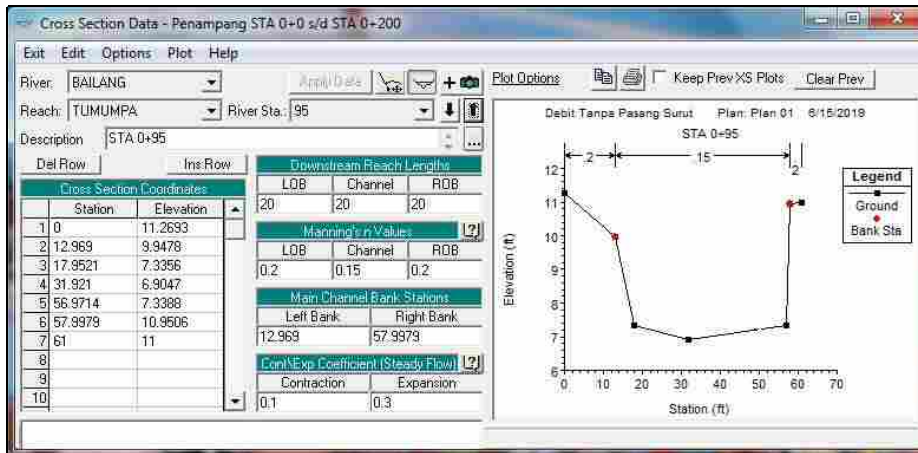
Gambar 5. 38 Data Penampang Melintang Sta 0 + 40 m



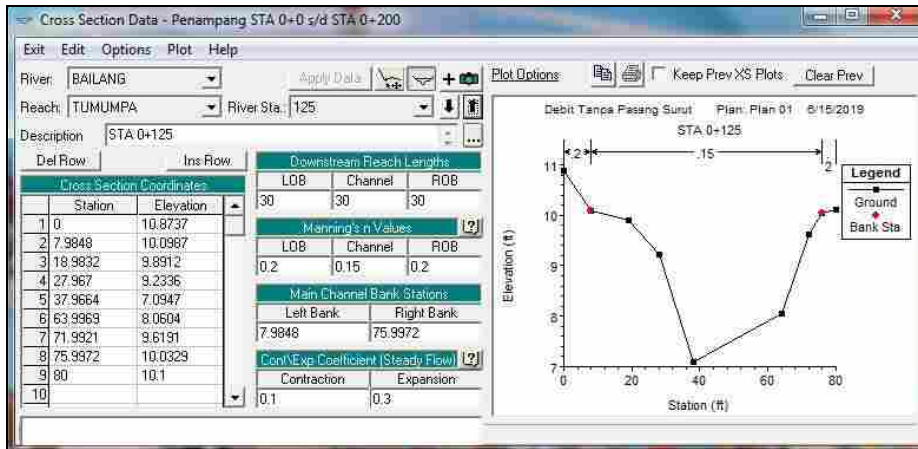
Gambar 5. 39 Data Penampang Melintang Sta 0 + 50 m



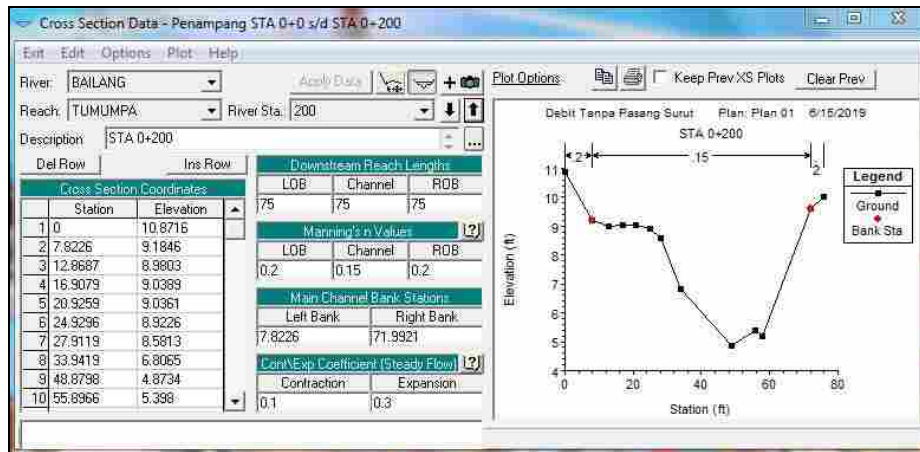
Gambar 5. 40 Data Penampang Melintang Sta 0 + 75 m



Gambar 5. 41 Data Penampang Melintang Sta 0 + 95 m

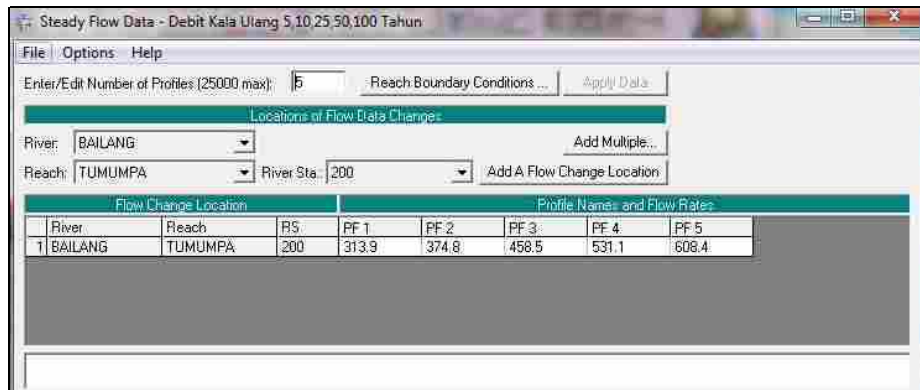


Gambar 5. 42 Data Penampang Melintang Sta 0 + 125 m

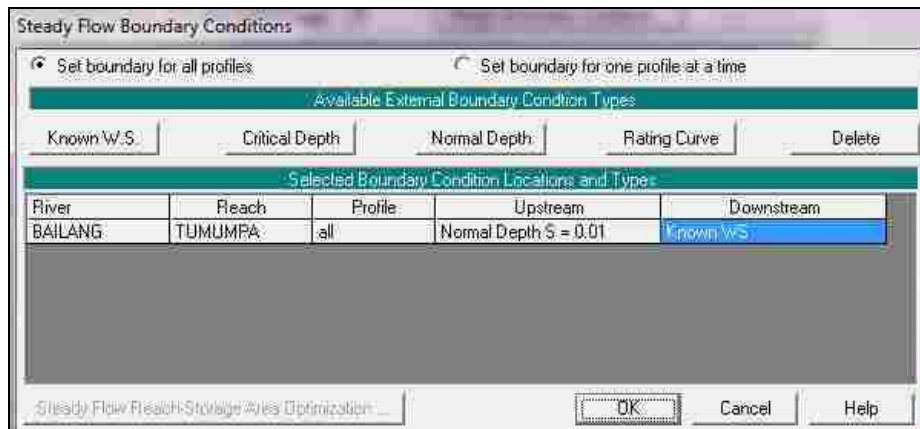


Gambar 5. 43 Data Penampang Melintang Sta 0 + 200 m

Selanjutnya adalah memasukkan 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. Penambahan data debit pada *steady flow data* dan pengisian *reach boundary conditions* dapat dilihat pada gambar berikut:

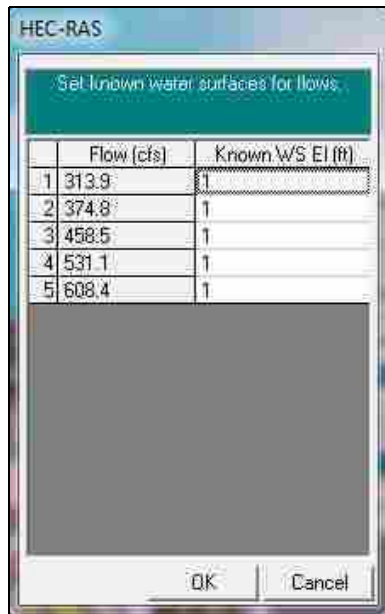


Gambar 5. 44 Pengisian Data Debit



Gambar 5. 45 Pengisian Reach Boundary Conditions

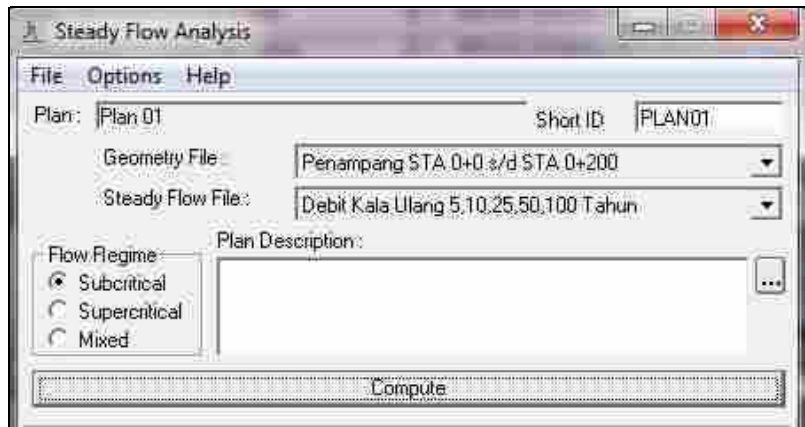
Syarat batas (*boundary condition*) di hilir “Known WS” diisi “1”, maka HEC-RAS menetapkan muka air batas hilir pada posisi elevasi +1m.



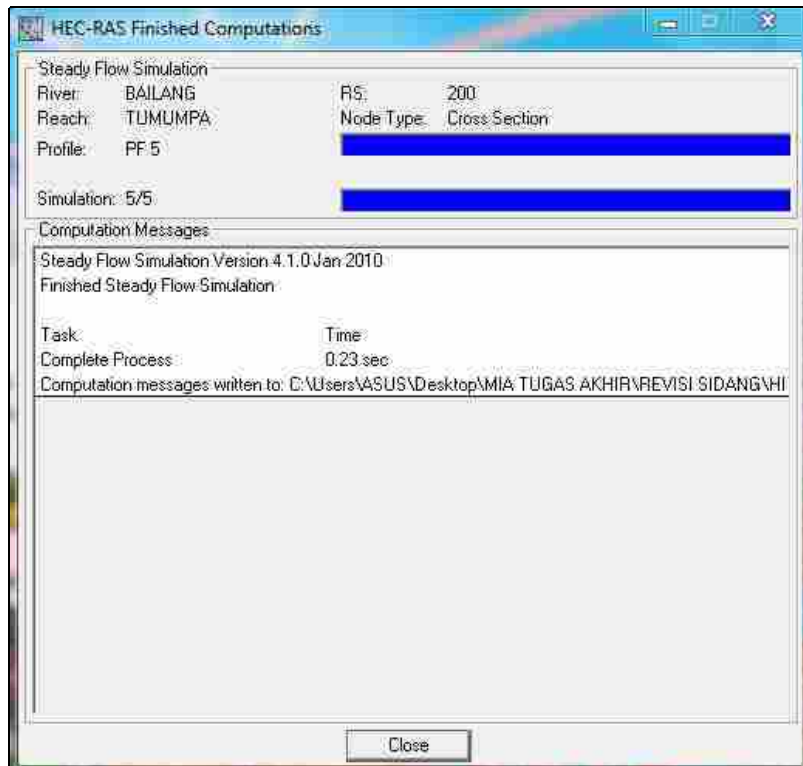
Gambar 5. 46 Pengisian *Known Ws*

Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer 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 Bailang pada lokasi penelitian termasuk aliran yang tenang dengan kelandaian yang kecil.



Gambar 5. 47 Tampilan Simulasi *Steady Flow*



Gambar 5. 48 Tampilan Selesai Simulasi

Setelah simulasi, berikut adalah tampilan tinggi muka air pada tiap penampang untuk debit kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

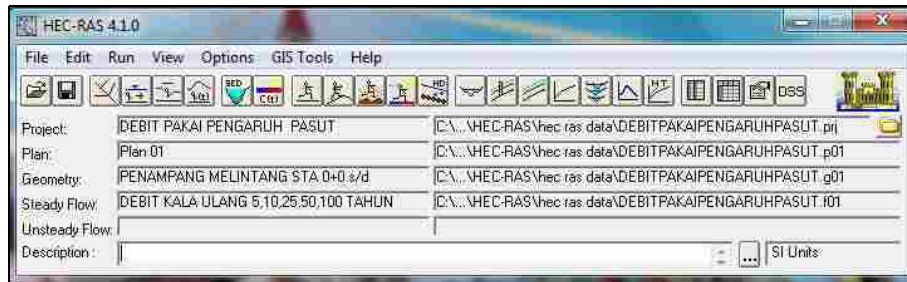
Analisis Tinggi Muka Air Memakai Pasang Surut

Analisis tinggi muka air tanpa pengaruh pasang surut menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang sungai, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning, data pasang tertinggi dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*Steady Flow*).

Data penampang sungai Bailang diambil sejauh 200m tepat di daerah sungai yang pernah meluap.

Memasukkan data pada program komputer HEC-RAS

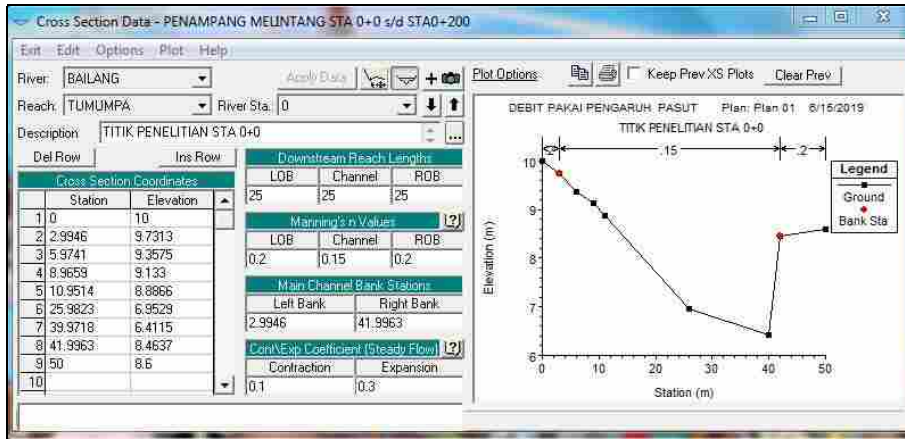
Pada *file* baru dalam program komputer HEC-RAS yang pertama dilakukan adalah memasukkan data penampang melintang (*Cross Section*) sungai Bailang pada bagian *View/Edit geometric data*.



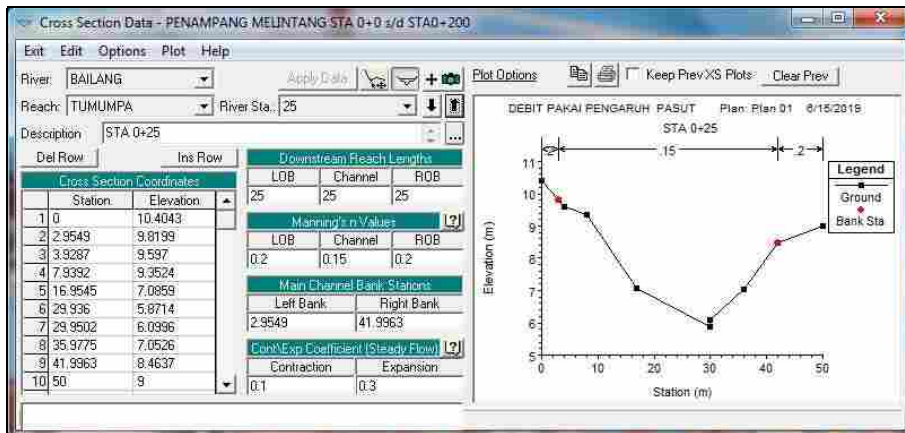
Gambar 5. 62 Menambahkan Data Geometri Sungai Bailang

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

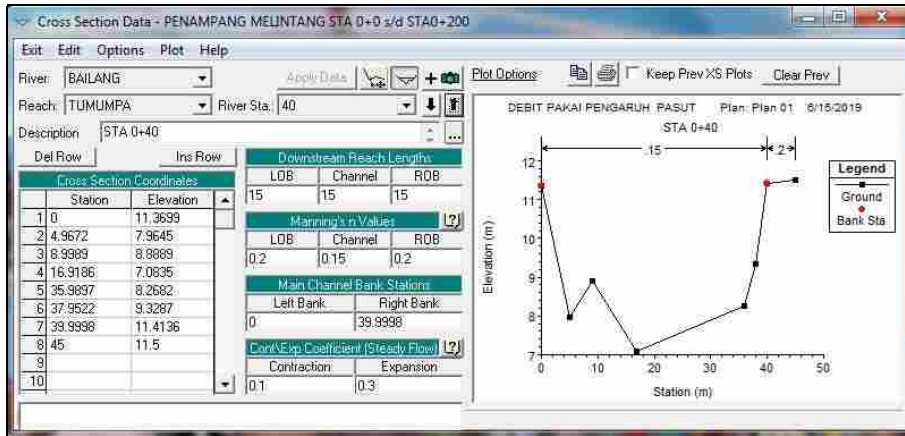
Dengan mengikuti gambar letak penampang sepanjang 200 m, maka gambar penampang melintang untuk sta 0 + 0, 0 + 25, 0 + 40, 0 + 50, 0 + 75, 0 + 95, 0 + 125, 0 + 200 adalah sebagai berikut:



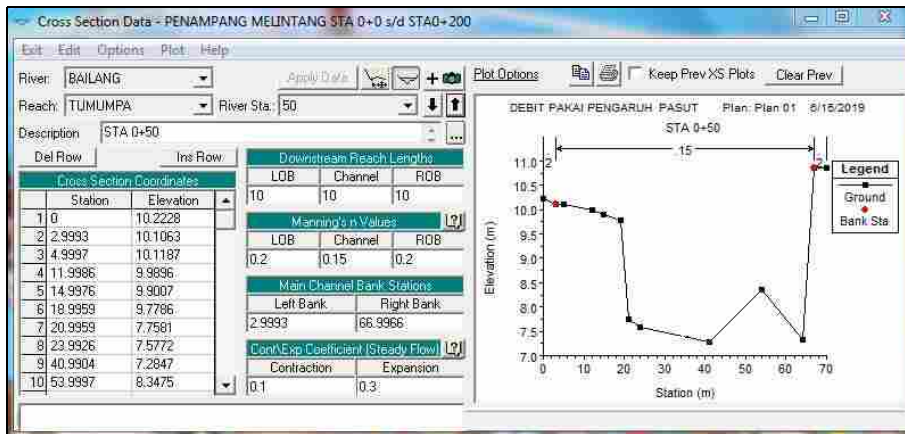
Gambar 5.63 Data Penampang Melintang Sta 0 + 0 m



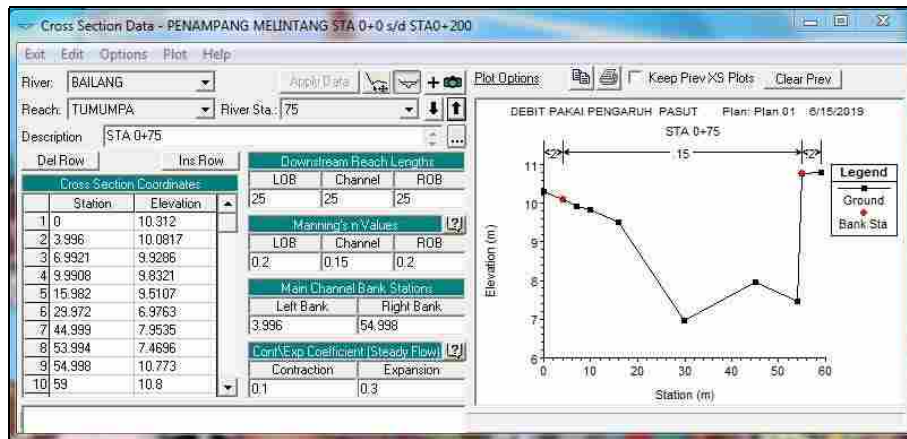
Gambar 5.64 Data Penampang Melintang Sta 0 + 25 m



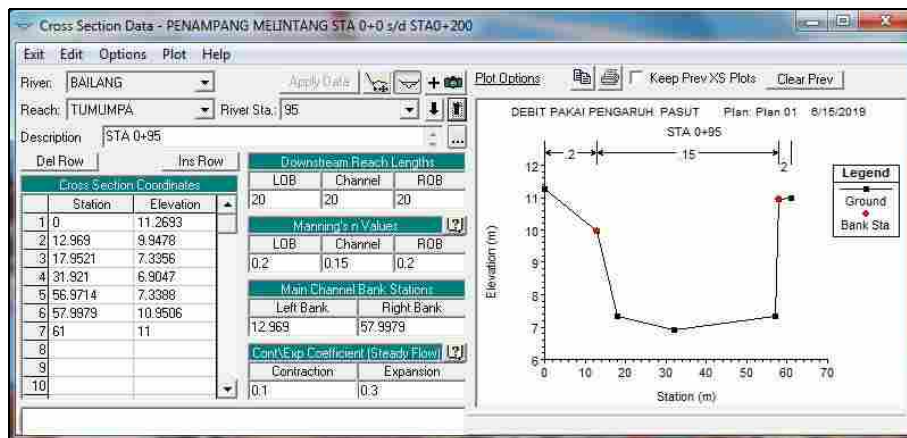
Gambar 5.65 Data Penampang Melintang Sta 0 + 40 m



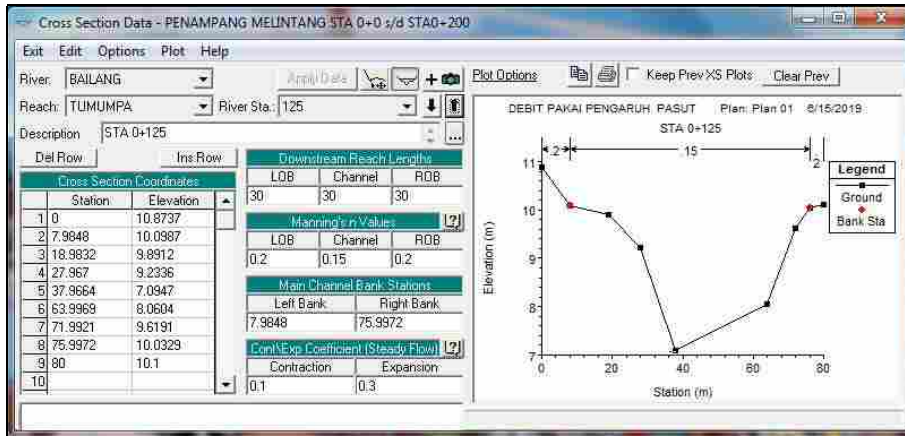
Gambar 5.66 Data Penampang Melintang Sta 0 + 50 m



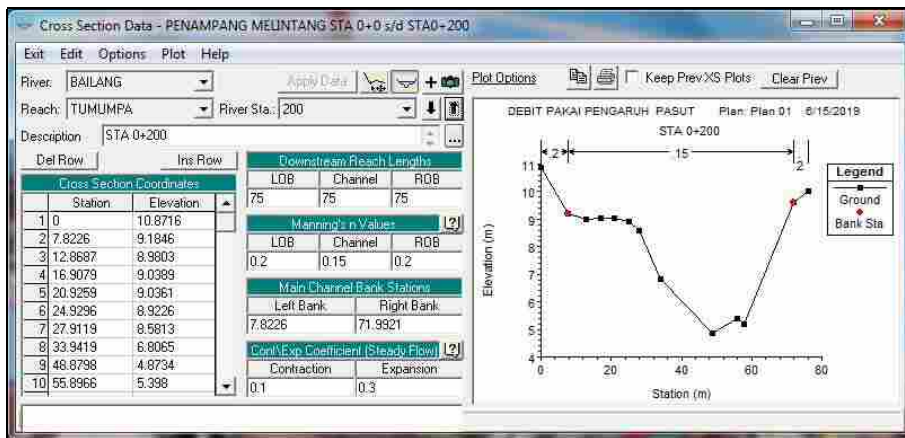
Gambar 5.67 Data Penampang Melintang Sta 0 + 75 m



Gambar 5.68 Data Penampang Melintang Sta 0 + 95 m



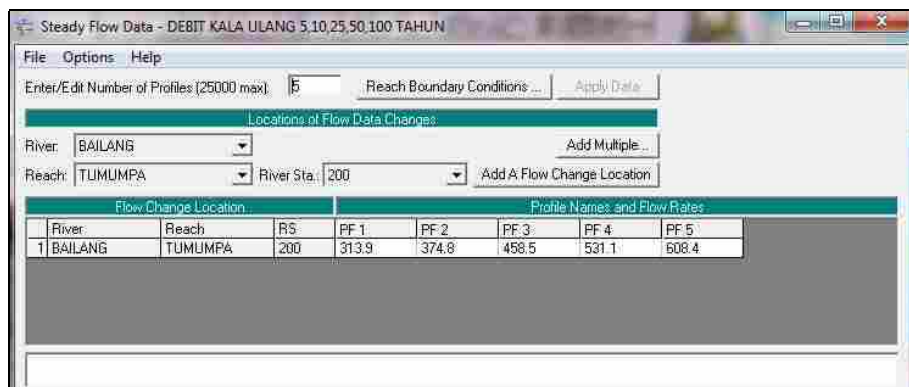
Gambar 5.69 Data Penampang Melintang Sta 0 + 125 m



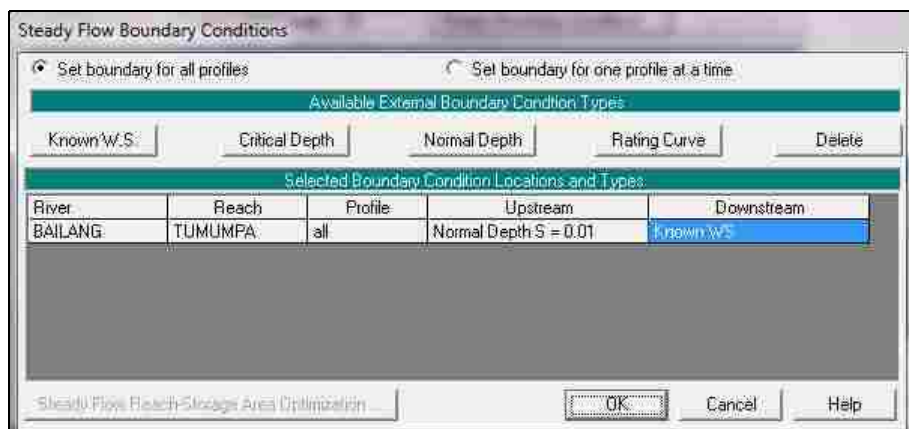
Gambar 5.70 Data Penampang Melintang Sta 0 + 200 m

Selanjutnya adalah memasukkan 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.

Penambahan data debit pada *steady flow data* dan pengisian *reach boundary conditions* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5.71 Pengisian Data Debit



Gambar 5.72 Pengisian *Reach Boundary Conditions*

Syarat batas (*boundary condition*) di hilir “*Known WS*” diisi “2,5” sesuai dengan pasang tertinggi, maka HEC-RAS menetapkan muka air batas hilir pada posisi elevasi +2,5 m.

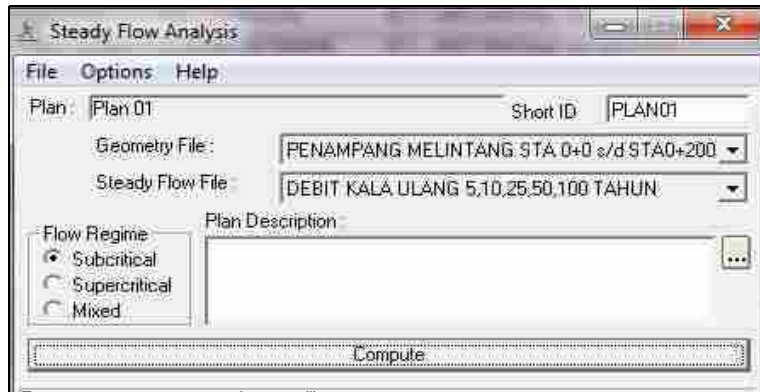


Gambar 5.73 Pengisian *Known Ws*

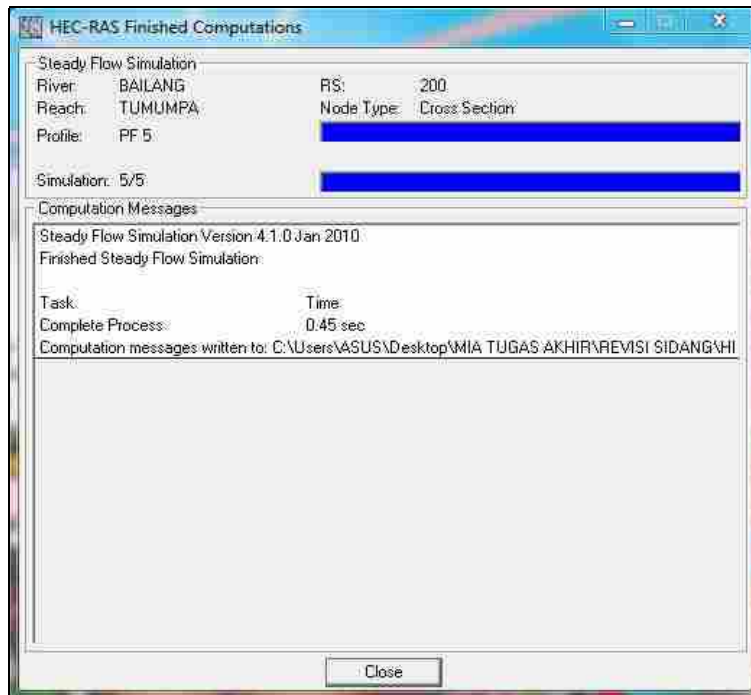
Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

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



Gambar 5.74 Tampilan Simulasi *Steady Flow*



Gambar 5.75 Tampilan Selesai Simulasi

Setelah simulasi, berikut adalah tampilan tinggi muka air pada tiap penampang untuk debit kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Ulang 100 Tahun

Pembahasan

Perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum menghasilkan hujan rata – rata yang mengikuti sebaran Log Pearson III. Hasil hujan rencana untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 23 Rangkuman Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Kala Ulang	Curah Hujan
5 Tahun	147,332 mm
10 Tahun	162,972 mm
25 Tahun	183,626 mm
50 Tahun	199,643 mm
100 Tahun	216,198 mm

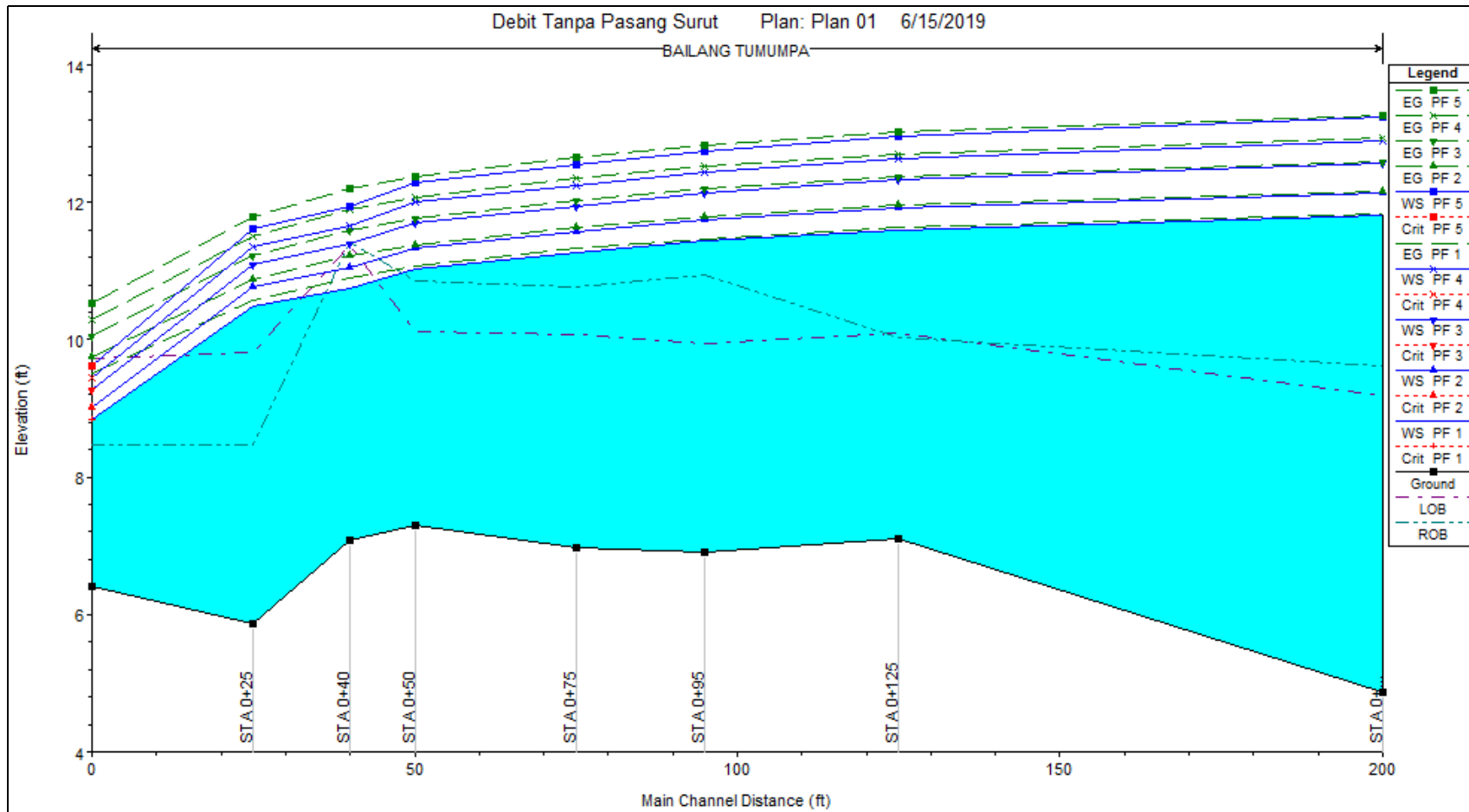
Dengan menggunakan data hujan hasil analisis frekuensi, dihitung hidrograf debit banjir dalam menggunakan program komputer HEC-HMS. Metode perhitungan yang digunakan adalah Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Services* yang memperhitungkan parameter DAS seperti luas DAS dan kelambatan waktu (*lag time*). Kehilangan air hujan dalam program dihitung dengan menggunakan nilai *SCS Curve Number* yang didasari pada jenis penutup lahan dalam DAS Bailang. Sementara untuk aliran dasar atau *baseflow* 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 Sutchliffe Efficiency* yang baik yaitu 0,707. Kemudian dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Hasil debit puncak untuk Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} , dan Q_{100} adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 24 Rangkuman Debit Puncak Tiap Kala Ulang

Kala Ulang	Debit (m ³ /det)
5 Tahun	313,9
10 Tahun	374,8
25 Tahun	458,5
50 Tahun	531,1
100 Tahun	608,4

Analisis hidraulika menggunakan program komputer HEC-RAS dilakukan dengan data masukan yaitu data debit puncak dari perhitungan HSS SCS yang diolah menggunakan program komputer HEC-HMS, dan data penampang sungai serta koefisien kekasaran saluran (nilai *n Manning*).

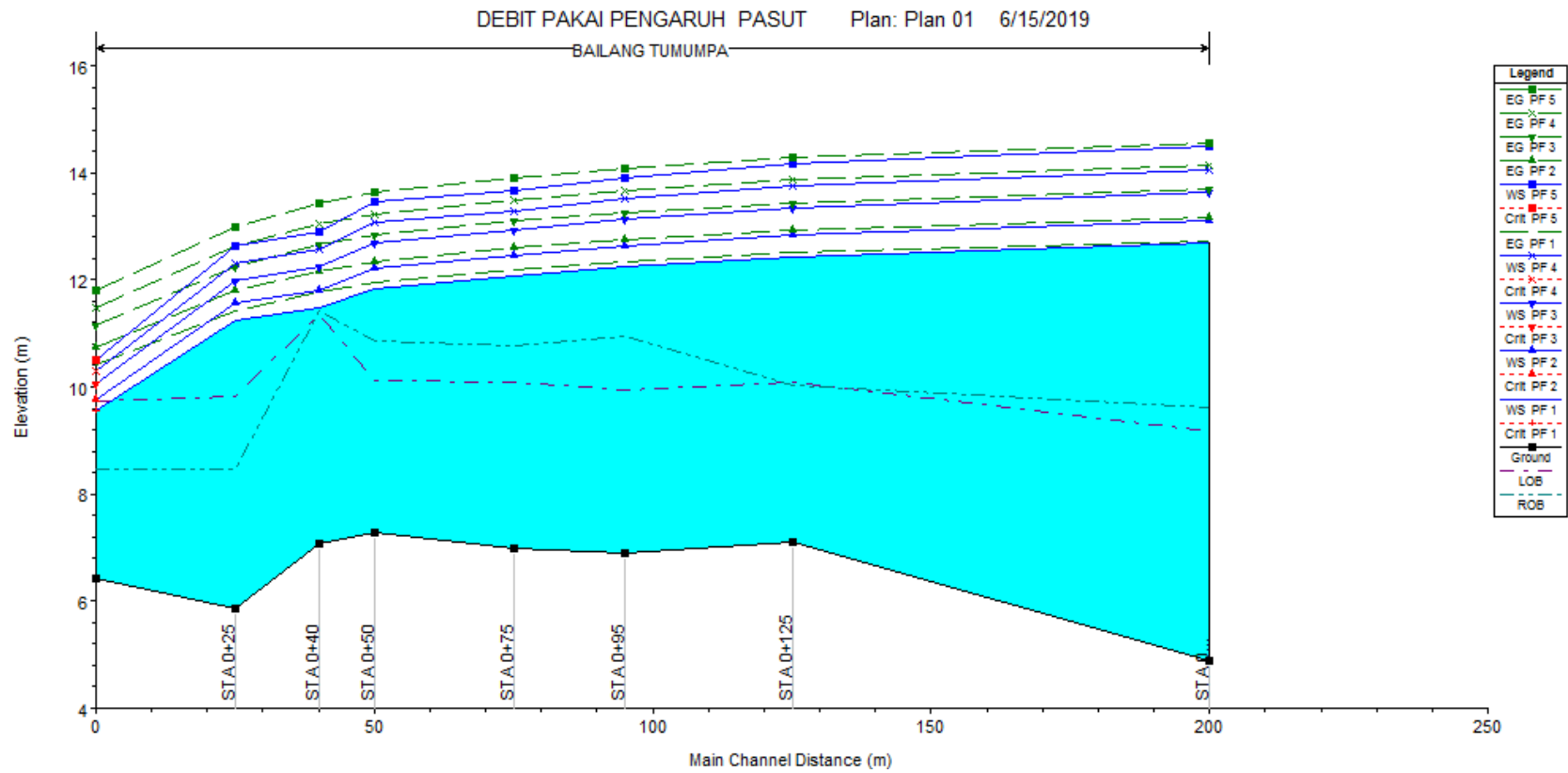


Gambar 5.76 Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Bailang Tanpa Pengaruh Pasang Surut

Tabel 5. 25 Profil Muka Air Sungai Tanpa Pasang Surut

	Elevasi Hilir (m)	Elevasi Hulu (m)	Mulai Luapan Banjir (sta)
Q_5	8,83	11,80	Sta 0+0
Q_{10}	9,02	12,14	Sta 0+0
Q_{25}	9,27	12,57	Sta 0+0
Q_{50}	9,45	12,90	Sta 0+0
Q_{100}	9,63	13,23	Sta 0+0

Hasil simulasi menunjukkan bahwa saat debit sungai tidak dipengaruhi pasang surut, pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun penampang STA 0+0, STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+95, STA 0+125 dan STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Sedangkan untuk kala ulang 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.



Gambar 5.77 Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Bailang dengan pengaruh pasang surut

Tabel 5. 26 ^{Q_T} **Profil Muka Air Sungai dengan memakai Pasang Surut**

	Elevasi Hilir (m)	Elevasi Hulu (m)	Mulai Luapan Banjir (sta)
<i>Q₅</i>	9,54	12,68	Sta 0+0
<i>Q₁₀</i>	9,77	13,10	Sta 0+0
<i>Q₂₅</i>	10,06	13,63	Sta 0+0
<i>Q₅₀</i>	10,29	14,06	Sta 0+0
<i>Q₁₀₀</i>	10,51	14,48	Sta 0+0

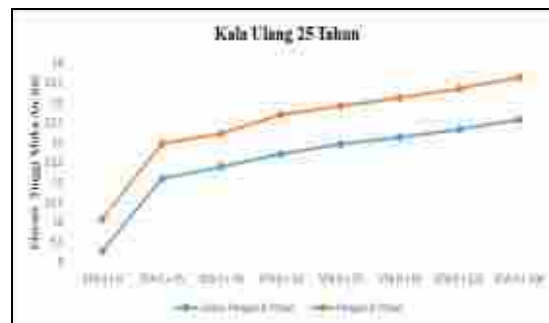
Hasil simulasi menunjukkan bahwa saat debit sungai dipengaruhi pasang surut, pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.



Gambar 5.78 Grafik Perbandingan Tinggi Muka Air pada kala ulang 5 Tahun



Gambar 5.79 Grafik Perbandingan Tinggi Muka Air pada kala ulang 10 Tahun



Gambar 5.80 Grafik Perbandingan Tinggi Muka Air pada kala ulang 25 Tahun



Gambar 5.81 Grafik Perbandingan Tinggi Muka Air pada kala ulang 50 Tahun

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Besarnya debit puncak Sungai Bailang pada kala ulang 5 tahun = $313,9 \text{ m}^3/\text{dtk}$, kala ulang 10 tahun = $374,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$, kala ulang 25 tahun = $458,5 \text{ m}^3/\text{dtk}$, kala ulang 50 tahun = $531,1 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan kala ulang 100 tahun = $608,4 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
2. Pada kondisi tanpa pasang surut kala ulang 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun penampang STA 0+0, STA 0+25, STA 0+50, STA 0+75, STA 0+95, STA 0+125 dan STA 0+200 sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi. Sedangkan untuk kala ulang 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.
3. Pada kondisi dengan menggunakan pasang surut pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun semua penampang sudah tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.
4. Kenaikan muka air banjir Sungai Bailang akibat pasang surut bervariasi mulai dari yang terendah 0.71 meter dan tertinggi mencapai 1.25 meter.

6.2. Saran

Diperlukan adanya pengkajian ulang dan peninjauan secara lebih detail terhadap usaha yang dilakukan untuk penanggulangan dan pengendalian banjir di Sungai Bailang akibat debit banjir rencana melalui beberapa upaya seperti pembuatan/ peninggian tanggul banjir dan normalisasi alur.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Tikala*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Tikala-Sawangan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Debit Harian Sungai Bailang*. 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.

Salem, Haniedo P., Jeffry S. F. Sumarauw, E. M. Wuisan. 2016. *Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Di Kota Manado Dan Sekitarnya*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.3 Maret 2016 (203-210) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Samuel, Irdam Adil, Dwi Wisayantono. 2017. *Penentuan Chart Datum Pada Sungai Yang Dipengaruhi Pasang Surut (Studi Kasus: Teluk Sangkulirang, Kalimantan Timur)*. Institut Teknologi Bandung.

Soewarno. 1991. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.

Sukarno, Liany, A Hendratta & Hanny Tangkudung. 2017. *Studi Aliran Banjir Pada Pertemuan Muara Sungai Tondano Dan Sungai Sawangan*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.10 Desember 2017 (711-716) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2018. *HEC-HMS*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Tanudjaja, Lambertus. 1991. *Analisis Aliran Di Saluran Terbuka Dengan Metode Elemen Hingga*. Tesis S2 Teknik Sumberdaya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

LAMPIRAN

Surat Tugas Penelitian



1. IDENTIFICATION, INFORMATION
 2. PURPOSE AND SCOPE
 3. DEFINITION OF TERMS
 4. REFERENCES
 5. APPROVALS

Date: _____
 Page No: _____
 Name: _____

DEVELOPMENT OF SYLLABUS

1. Name of the course	_____	2. Name of the institution	_____
3. Name of the faculty	_____	4. Name of the department	_____
5. Name of the subject	_____	6. Name of the semester	_____
7. Name of the teacher	_____	8. Name of the year	_____
9. Name of the college	_____	10. Name of the state	_____
11. Name of the country	_____	12. Name of the continent	_____
13. Name of the world	_____	14. Name of the globe	_____
15. Name of the planet	_____	16. Name of the universe	_____
17. Name of the galaxy	_____	18. Name of the cluster	_____
19. Name of the group	_____	20. Name of the team	_____
21. Name of the organization	_____	22. Name of the society	_____
23. Name of the community	_____	24. Name of the nation	_____
25. Name of the world	_____	26. Name of the globe	_____
27. Name of the planet	_____	28. Name of the universe	_____
29. Name of the galaxy	_____	30. Name of the cluster	_____
31. Name of the group	_____	32. Name of the team	_____
33. Name of the organization	_____	34. Name of the society	_____
35. Name of the community	_____	36. Name of the nation	_____
37. Name of the world	_____	38. Name of the globe	_____
39. Name of the planet	_____	40. Name of the universe	_____
41. Name of the galaxy	_____	42. Name of the cluster	_____
43. Name of the group	_____	44. Name of the team	_____
45. Name of the organization	_____	46. Name of the society	_____
47. Name of the community	_____	48. Name of the nation	_____
49. Name of the world	_____	50. Name of the globe	_____
51. Name of the planet	_____	52. Name of the universe	_____
53. Name of the galaxy	_____	54. Name of the cluster	_____
55. Name of the group	_____	56. Name of the team	_____
57. Name of the organization	_____	58. Name of the society	_____
59. Name of the community	_____	60. Name of the nation	_____
61. Name of the world	_____	62. Name of the globe	_____
63. Name of the planet	_____	64. Name of the universe	_____
65. Name of the galaxy	_____	66. Name of the cluster	_____
67. Name of the group	_____	68. Name of the team	_____
69. Name of the organization	_____	70. Name of the society	_____
71. Name of the community	_____	72. Name of the nation	_____
73. Name of the world	_____	74. Name of the globe	_____
75. Name of the planet	_____	76. Name of the universe	_____
77. Name of the galaxy	_____	78. Name of the cluster	_____
79. Name of the group	_____	80. Name of the team	_____
81. Name of the organization	_____	82. Name of the society	_____
83. Name of the community	_____	84. Name of the nation	_____
85. Name of the world	_____	86. Name of the globe	_____
87. Name of the planet	_____	88. Name of the universe	_____
89. Name of the galaxy	_____	90. Name of the cluster	_____
91. Name of the group	_____	92. Name of the team	_____
93. Name of the organization	_____	94. Name of the society	_____
95. Name of the community	_____	96. Name of the nation	_____
97. Name of the world	_____	98. Name of the globe	_____
99. Name of the planet	_____	100. Name of the universe	_____

Prepared by: _____
 Date: _____
 Approved by: _____
 Signature: _____
DR. P. S. SURESH KUMAR
 Head of Department

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Ditentukan bahwa pendaftaran ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan rincian sebagai berikut:

Nomor dan tanggal permohonan	1. 42.00011.00710.17 Oktober 2014
Pencipta	1. Eddy Saadla Mustarta
Nama	1. Eka Karya Bekasi City, Jl. Raya Bekasi-Cikarang, No. 21 Kecamatan Bekasi Barat, Bekasi, Sumatera Utara, 04122
Alamat	1. Indonesia
Kewarganegaraan	1. Indonesia
Pemegang Hak Cipta	1. Nama: Bekarya Indonesia Universitas Negeri Semarang
Nama	1. GILYPM L.A.1, Jl. Kampus Utara, Masjid, Sukorejo Utara, Semarang, Sumatera Utara, 04111
Alamat	1. Indonesia
Kewarganegaraan	1. Karya Tulis
Jenis Ciptaan	1. Pemegang Metode (sistem) Pengajaran Air Laut Dan Sistem Sistem Terpadu Aplikasi Tunggul Nelayan Air Besar Di Sungai Batang Manau
Isi/Isi Ciptaan	1. 17 Oktober 2014, 16 Maret
Tanggal dan tempat ditemukannya untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	1. Durasi selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali diumumkan Pengumuman.
Angka tahun pendaftaran	1. 000110427
Nomor pendaftaran	

Adalah Surat Pendaftaran Ciptaan yang diberikan oleh Direktorat Hak Cipta dan Paten, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Firdaus Firdaus, S.J., LL.M., A.C.C.
NIP. 10661401906030001



HIMPUNAN AHLI TEKNIK HIDRAULIK INDONESIA

Indonesian Association of Hydraulic Engineers

Pengurus Pusat

Nomor : 95-121/Set-Plus/X/2019

Yogyakarta, 9 Oktober 2019

Hal : Hasil Penfilan Makalah

Kepada Yth.

Sdr. Liany Amelia Hendratta

Di -

Tempat :

Dengan hormat,

Atas nama panitia Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) ke-36 HATHI, dengan ini kami informasikan bahwa makalah Saudara yang berjudul :

**"PENGARUH PASANG AIR LAUT DAN ALIRAN SUNGAI BERSEDIMEN TERHADAP
KENAIKAN MUKA AIR BANJIR"**

Dinyatakan diterima untuk dipublikasikan dalam prosiding dan dipresentasikan dalam kegiatan PIT ke-36 HATHI yang diselenggarakan di Kota Kupang pada tanggal 23 November 2019. Untuk mendukung kelancaran persiapan kegiatan, kami mohon Saudara berkenan untuk menyampaikan biodata penyaji dan materi presentasi dalam power point versi 2010 (durasi presentasi 10 menit). Terkait administrasi, Saudara diharapkan untuk membayar biaya seminar melalui transfer ke rekening :

BNI Kantor Cabang Melawai Raya

Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia

Account no. 6123456777

Balik dokumen maupun pembayaran biaya seminar harus dilakukan sebelum tanggal **21 Oktober 2019**. Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,

Dr. Ir. Muhammad Rizal, M.Sc.
Sekretaris Umum