

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR SUNGAI MAEN KECIL DI DESA MAEN KABUPATEN MINAHASA UTARA

Immanuel Makahinsade

Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: imakahinsade@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Maen kecil adalah salah satu sungai di kabupaten Minahasa Utara yang melewati desa Maen. Sungai ini pernah meluap dan membanjiri beberapa daerah yang dilewati. Luapan air dari sungai Maen kecil menimbulkan kerugian bagi warga yang tinggal di sekitar sungai maupun pengguna jalan raya. Dalam mengantisipasi banjir yang kemungkinan akan terjadi kelak, dibutuhkan data debit banjir dan elevasi tinggi muka air untuk penyesuaian penampang sungai Maen kecil.

Analisis dimulai dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan berasal dari dua pos hujan, yaitu pos hujan Araren – Pinenek dan pos hujan Klimatologi Maen. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahun 2009 s/d 2018. Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS Soil Conservation Services, dan untuk kehilangan air dengan SCS Curve Number (CN). Untuk aliran dasar (baseflow) menggunakan metode recession. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan menggunakan uji koefisien determinasi (r^2). Parameter yang dikalibrasi adalah lag time, curve number, recession constant, initial discharge dan ratio to peak. Untuk batasan setiap parameter disesuaikan dengan nilai standar pada program komputer HEC-HMS. Hasil uji koefisien determinasi (r^2) menunjukkan nilai 0,7862. Dilakukan analisis debit banjir dengan parameter terkalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi setiap kala ulang dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air pada penampang terukur.

Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0 + 0 masih mampu menampung debit banjir pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Selain itu semua penampang sungai Maen kecil yang ditinjau sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Kata kunci: *Sungai Maen kecil, Debit Banjir, Elevasi Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banjir merupakan bencana alam yang seringkali terjadi di musim penghujan yang merebak di berbagai Daerah Aliran Sungai (DAS) di sebagian besar wilayah Indonesia. Banjir adalah suatu kondisi di mana terjadi peningkatan debit air sungai sehingga meluap dan menggenangi daerah sekitarnya. Sungai Maen kecil adalah salah satu sungai di kecamatan Likupang Timur, kelurahan Likupang, kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara, bermuara di desa Maen. Beberapa kali terjadi banjir di sungai ini pada awal tahun 2015, 2016, dan yang terakhir awal tahun 2017

di mana terjadi banjir yang menyebabkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal di desa Maen. Desa Maen merupakan desa yang dilewati sungai Maen kecil sehingga menyebabkan rumah-rumah masyarakat terendam banjir.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka perlu dilakukan upaya pengendalian banjir. Perencanaan pengendalian banjir di suatu DAS dapat dilakukan dengan baik apabila debit banjir rencana diketahui. Oleh karena itu, diperlukan analisis hidrologi dan kajian terhadap debit banjir rencana di wilayah DAS tersebut. Perlu analisis kapasitas penampang sungai Maen kecil di titik jembatan yang melintasi sungai tersebut di desa Maen.

Analisis hidraulika sungai ini dimaksudkan untuk menganalisis profil muka air banjir di sungai dengan berbagai kala ulang dari debit banjir rencana.

Rumusan Masalah

Kejadian banjir yang terjadi pada sungai Maen kecil membutuhkan adanya perencanaan pengendalian banjir. Untuk kebutuhan perencanaan pengendalian banjir perlu dilakukan analisis debit banjir rencana dan elevasi tinggi muka air banjir sungai Maen kecil.

Batasan Penelitian

Dalam tugas akhir ini, penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
2. Titik kontrol DAS terletak 120 meter ke arah hilir dari jembatan Maen I yang melintasi sungai Maen kecil.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
4. Analisis hidrologi dihitung dengan bantuan program komputer yaitu *Hydrologic Engineering Center-The Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS) agar didapat besaran debit banjir rencana dan *Hydrologic Engineering Center-River Analysis System* (HEC-RAS) untuk analisis hidraulika agar didapat elevasi tinggi muka air banjir.
5. Penampang melintang sungai yang ditinjau adalah sepanjang 80 meter ke arah hulu dan 120 meter ke arah hilir dari titik awal pengukuran yaitu di sekitar jembatan Maen I yang melintasi sungai Maen kecil yang terbagi atas 10 segmen tiap segmen berjarak 20 meter.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana dan elevasi tinggi muka air sungai Maen kecil di desa Maen terhadap berbagai kala ulang.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini manfaat yang diharapkan yaitu menjadi bahan informasi untuk pihak atau instansi terkait yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di sungai Maen kecil, serta sebagai referensi untuk penelitian lanjut.

LANDASAN TEORI

Daur Hidrologi

Menurut Bambang Triatmodjo (dikutip dalam Karim dkk., 2016), daur hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap menjadi uap air. 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. Air yang tertinggal di permukaan tanah sebagian menguap menjadi embun, tapi sebagian besar dari air ini bergabung menjadi aliran dan mengalir sebagai air limpasan permukaan menuju sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut siklus hidrologi.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

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 (Sri Harto, 1993).

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.

Analisis Curah Hujan

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 Poligon Thiessen. Metode ini dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang dianggap mewakili.

Analisis Frekuensi

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. Menurut Triatmodjo (dikutip dalam Kamase dkk., 2017), analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas

Parameter Statistik

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

Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas atau distribusi peluang adalah suatu distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan varian sebagai pengganti frekuensinya.

Salah satu tujuan dalam analisis distribusi peluang adalah menentukan periode ulang (*return period*).

Menurut Bambang Triatmodjo (dikutip dalam Sondak dkk., 2019), 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.

Pemilihan Tipe Distribusi

Secara teoritis, langkah awal penentuan tipe distribusi dapat dilihat dari parameter-parameter statistik data pengamatan lapangan yaitu C_S , C_V , dan C_K . Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

- 1) Distribusi Normal
 $C_S \approx 0 ; C_K \approx 3$
- 2) Distribusi Log-Normal
 $C_S \approx C_V^3 + 3 C_V$
 $C_K \approx C_V^8 + 6 C_V^6 + 15 C_V^4 + 16 C_V^2 + 3$
- 3) Distribusi Gumbel
 $C_S \approx 1,14 ; C_K \approx 5,4$
- 4) Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Pearson III.

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.

Dalam penelitian ini akan digunakan metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir.

HSS-SCS

Hidrograf Tidak berdimensi SCS (*Soil Consevation 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 durasi hujan efektif (*Lag Time*) diketahui, maka hidrograf satuan dapat diestimasi dari UH sintesis SCS.

$$Lag\ Time\ (t_p) = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86\ CN)^{0,7}}{14,104\ CN \times S^{0,5}}$$

$$Waktu\ Naik\ (T_p) = \frac{tr}{2} + t_p$$

$$Time\ base\ (t_b) = 5 \times T_p$$

$$q_p = \frac{CA}{T_p}$$

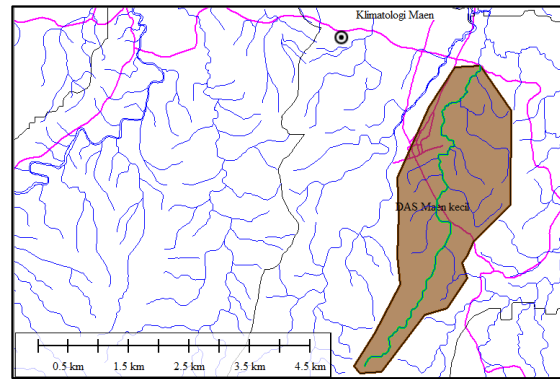
Dengan CN adalah *Curve Number* yang dapat memperhitungkan total hujan untuk berbagai

karakteristik DAS dengan tipe tanah dan tata guna lahan yang berbeda (Supit, 2013).

diperoleh luas DAS Maen kecil sebesar 6,043 km².

Analisis Hidraulika

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.



Gambar 2. Gambar DAS Maen kecil
Sumber: Global Mapper, Data SIG BWSS-I

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Pelaksanaan Penelitian :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Maen kecil. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program *Global Mapper* dengan menggunakan data SIG yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Maen kecil dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2009 sampai dengan tahun 2018. Pos hujan yang digunakan sebanyak 2 pos hujan, yaitu pos hujan Araren – Pinenek dan pos hujan Klimatologi Maen. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2009 sampai 2018.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	
		Pos Hujan Araren - Pinenek	Pos Hujan Klimatologi Maen
1	2009	78,1	65
2	2010	83	68
3	2011	75,8	108
4	2012	121,2	83
5	2013	117,3	138
6	2014	76,5	126,5
7	2015	151,5	80
8	2016	68,1	65,5
9	2017	265,5	112
10	2018	80,1	76

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

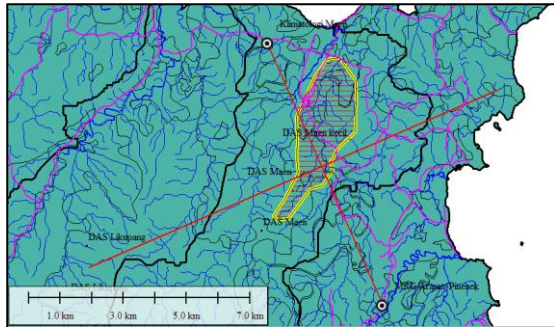
Uji Data Outlier

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.

Hasil uji *outlier* mendapatkan bahwa data-data curah hujan dari kedua pos hujan tidak ada yang menyimpang.

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan rerata dilakukan untuk mendapatkan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di dua pos hujan yang ada. Dengan mengetahui luas pengaruh dari tiap pos hujan yang ada, maka curah hujan rerata dari setiap pos hujan dapat dihitung dengan cara Poligon Thiessen.



Gambar 3. Gambar Pengaruh Tiap Pos Hujan
Sumber: Global Mapper, Data SIG BWSS-I

Tabel 2. Curah Hujan Rerata

Tahun	Pos Hujan Araren-Pinenek	Pos Hujan Klimatologi Maen	Luas Pengaruh Pos Hujan Araren-Pinenek (km ²)	Luas Pengaruh Pos Hujan Klimatologi Maen (km ²)	\bar{R} (mm)
2009	78,1	65	0,725	5,318	66,572
2010	83	68			69,8
2011	75,8	108			104,137
2012	121,2	83			87,583
2013	117,3	138			135,517
2014	76,5	126,5			120,501
2015	151,5	80			88,578
2016	68,1	65,5			65,812
2017	265,5	112			130,416
2018	80,1	76			76,492

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 (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck).

Tabel 3. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,5430	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	2,7346	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 · Cv = 0,8392	0,5430	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 4,2778	2,7346	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,5430	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,40	2,7346	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung rerata:

Rata-rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = 1,960473$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,13022584}{10-1}} = 0,120289393$$

Koefisien Skewness (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2)(S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = 0,254806644 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

Tabel 4. Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR}
5 Tahun	2,0599868	114,81189 mm
10 Tahun	2,117404	131,0401 mm
25 Tahun	2,180844	151,6506 mm
50 Tahun	2,223004	167,1108 mm
100 Tahun	2,262575	183,0522 mm

Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah Kota Manado dan sekitarnya. Pola distribusi hujan jam-jaman di kota Manado dan sekitarnya terjadi dalam waktu 8-10 jam (Salem dkk., 2016).

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana untuk Setiap Kala Ulang

Jam Ke-	P (mm)				
	Kala Ulang (Tahun)				
	5	10	25	50	100
1	61,998	70,762	81,891	90,240	98,848
2	25,259	28,829	33,363	36,764	40,271
3	9,185	10,483	12,132	13,369	14,644
4	6,889	7,862	9,099	10,027	10,983
5	3,444	3,931	4,550	5,013	5,492
6	1,148	1,310	1,517	1,671	1,831
7	3,444	3,931	4,550	5,013	5,492
8	3,444	3,931	4,550	5,013	5,492

Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai *CN* rata-rata untuk DAS Maen Kecil adalah 78,251. (Tabel 6)

Tabel 6. Perhitungan Nilai *CN* DAS Maen kecil

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)	<i>CN</i> Tiap Lahan	<i>CN</i>
Pemukiman (38% kedap air)	0,98276	16,263	75	12,197
Tanah yang diolah dan ditanami (dengan konservasi)	4,3346	71,729	81	58,1
Tempat terbuka (kondisi sedang : rumput menutup 50% -)	0,05791	0,958	69	0,661
Hutan (Tanaman jarang, penutupan jelek)	0,66773	11,05	66	7,292
Total	6,043	100	-	78,251

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*.

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 SCS teroptimasi dengan membandingkan hasil simulasi HEC-HMS dengan data debit terukur.

Kalibrasi dilakukan pada DAS Lokasi penelitian dengan data debit terukur hasil perhitungan.

Dikarenakan sungai Maen kecil tidak memiliki data debit terukur, maka perlu dilakukan perhitungan dengan metode analisis regional sehingga data debit sungai Maen kecil dapat diketahui.

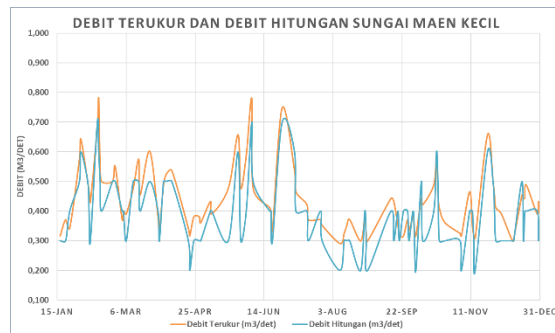
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)	Obs Flow (M3/S)
14Feb2017	00:00	9.78	1.17	8.60	0.6	0.0	0.6	0.8
15Feb2017	00:00	7.03	0.83	6.21	0.5	0.0	0.5	0.6
16Feb2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.2	0.4	0.5
17Feb2017	00:00	25.73	3.96	21.77	1.7	0.2	1.8	0.5
18Feb2017	00:00	1.63	0.17	1.46	0.5	0.1	0.7	0.5
19Feb2017	00:00	33.69	3.40	30.29	1.7	0.1	1.8	0.8
20Feb2017	00:00	0.31	0.03	0.28	0.5	0.1	0.6	0.8
21Feb2017	00:00	1.13	0.11	1.02	0.1	0.3	0.4	0.6
22Feb2017	00:00	29.77	2.77	27.00	1.4	0.2	1.6	0.5
23Feb2017	00:00	10.39	0.92	9.47	0.9	0.1	1.0	0.6
24Feb2017	00:00	0.75	0.07	0.69	0.3	0.3	0.5	0.5
25Feb2017	00:00	12.25	1.06	11.19	0.6	0.2	0.8	0.5
26Feb2017	00:00	0.88	0.07	0.81	0.2	0.3	0.5	0.6
27Feb2017	00:00	0.55	0.05	0.50	0.1	0.3	0.4	0.5
28Feb2017	00:00	2.13	0.18	1.95	0.1	0.2	0.3	0.5
01Mar2017	00:00	0.11	0.01	0.10	0.0	0.2	0.2	0.5
02Mar2017	00:00	1.32	0.11	1.21	0.1	0.1	0.2	0.4
03Mar2017	00:00	5.55	0.46	5.08	0.3	0.1	0.4	0.4
04Mar2017	00:00	5.95	0.49	5.46	0.4	0.1	0.4	0.4
05Mar2017	00:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.2	0.3	0.4
06Mar2017	00:00	2.20	0.18	2.02	0.1	0.1	0.3	0.4
07Mar2017	00:00	2.29	0.19	2.11	0.1	0.1	0.2	0.4
08Mar2017	00:00	29.33	2.30	27.03	1.4	0.1	1.5	0.4

Gambar 4. Debit Hitungan Sungai Maen Kecil

Uji koefisien determinasi (r^2) dilakukan dengan membandingkan debit terukur sungai Maen kecil dan debit terbaik hasil hitungan yang diperoleh dari parameter yang sudah terkalibrasi.

Tabel 7. Parameter Hasil Kalibrasi DAS Maen kecil

<i>CN</i>	78,2518
<i>Recession Constant</i>	0,75
<i>Ratio to Peak</i>	0,35
<i>Initial discharge</i>	0,47085 m3/det
<i>Lag Time</i>	155,5911 menit



Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur

Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC-HMS

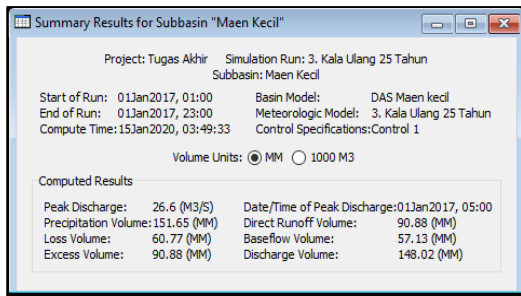
Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir. Hasil simulasi untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

Computed Results	
Peak Discharge:	17.1 (M3/S)
Precipitation Volume:	114.80 (MM)
Loss Volume:	55.62 (MM)
Excess Volume:	59.18 (MM)
Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2017, 05:00
Direct Runoff Volume:	59.18 (MM)
Baseflow Volume:	37.14 (MM)
Discharge Volume:	96.32 (MM)

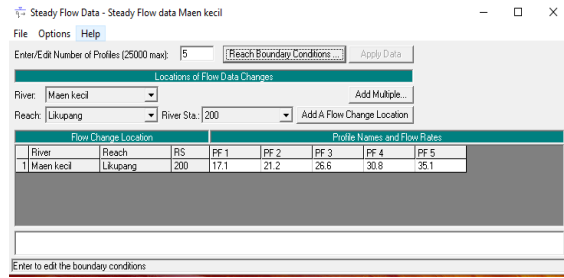
Gambar 4. Kala Ulang 5 Tahun

Computed Results	
Peak Discharge:	21.2 (M3/S)
Precipitation Volume:	131.03 (MM)
Loss Volume:	58.13 (MM)
Excess Volume:	72.90 (MM)
Date/Time of Peak Discharge:	01Jan2017, 05:00
Direct Runoff Volume:	72.90 (MM)
Baseflow Volume:	45.73 (MM)
Discharge Volume:	118.63 (MM)

Gambar 5. Kala Ulang 10 Tahun



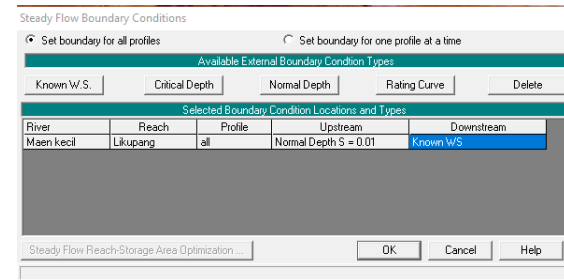
Gambar 6. Kala Ulang 25 Tahun



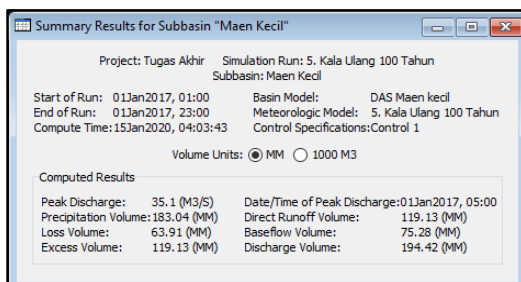
Gambar 10. Pengisian Data Debit



Gambar 7. Kala Ulang 50 Tahun



Gambar 11. Pengisian Reach Boundary Conditions



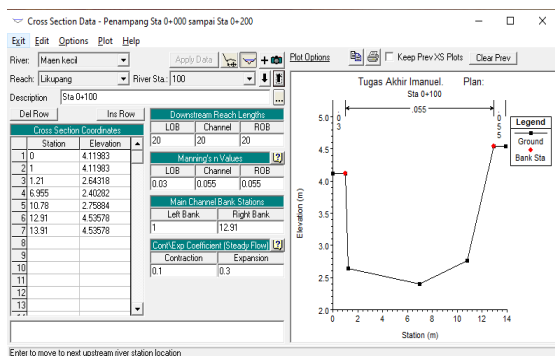
Gambar 8. Kala Ulang 100 Tahun

Simulasi Tinggi Muka Air Dengan Program Komputer HEC-RAS

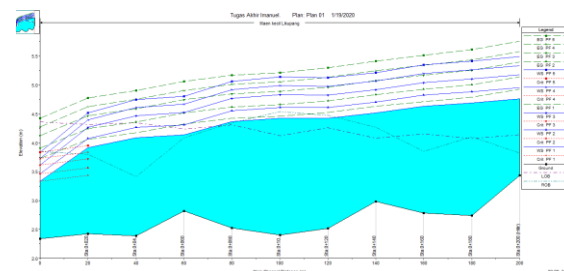
Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+0 masih mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Selain itu, semua penampang sungai Maen kecil yang ditinjau sudah tidak mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Analisis Tinggi Muka Air

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



Gambar 9. Data Penampang Melintang STA 0 + 100m



Gambar 12. Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Sungai Maen kecil

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi yang dilakukan, maka:

1. Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = 17,1 m³/det, kala ulang 10 tahun = 21,2 m³/det, kala ulang 25 tahun = 26,6

- m^3/det , kala ulang 50 tahun = 30,8 m^3/det , kala ulang 100 tahun = 35,1 m^3/det .
2. Hasil simulasi menunjukkan untuk penampang STA 0+0 masih mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Selain itu semua penampang sungai Maen kecil yang ditinjau sudah tidak

mampu menampung debit banjir untuk kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Saran

Perlu dibuatkan tanggul pada semua daerah penampang sungai terukur agar tidak terjadi luapan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Araren - Pinenek*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Klimatologi Maen*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. *Data Debit Harian Sungai Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- _____. 2016. *HEC-RAS 5.0 Users Manual*. Hydrologic Engineering Center, U.S Army Corps of Engineers, USA.
- Kamase, Malinda., 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 Juni 2017 (175-185) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Karim, Intan., Cindy J. Supit, Liany A. Hendratta. 2016. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Motongkad Utara Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.11 November 2016 (705-714) 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.
- Sondak, Scrivilly W., Hanny Tangkudung, Liany A. Hendratta. 2019. *Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (1049-1058) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Supit, Cindy J. 2013. *The Impact Of Water Projects On River Hydrology*. Jurnal Tekno-Sipil Vol.11 No. 59 Agustus 2013 (56-61) ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.