

STUDI PENANGANAN BANJIR SUNGAI BILA KABUPATEN SIDRAP

Wahyuddin Qadri S.¹, Moh. Sholichin², Dian Sisingih²

¹Staf Balai Wilayah Sungai Sulawesi IV

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
wahyusyam55@gmail.com

ABSTRAK: Pengembangan kawasan di DAS Bila untuk pemenuhan berbagai kebutuhan sarana dan prasarana yang semakin meningkat setiap tahun menyebabkan menurunnya kualitas DAS sehingga terjadinya banjir di sekitar Sungai Bila. Metode yang digunakan dalam studi adalah aplikasi AVSWAT 2000 dan HEC-RAS 4.1.0. Berdasarkan hasil simulasi pemodelan AVSWAT 2000 menunjukkan terjadi peningkatan debit banjir maksimum tahunan dari debit 1156 m³/detik menjadi 1161 m³/detik. Debit Banjir rencana yang digunakan adalah debit kala ulang 50 tahun dengan menggunakan metode distribusi Log Pearson tipe III. Sistem pengendalian banjir yang diusulkan berdasarkan hasil analisis aplikasi HEC-RAS 4.1.0 adalah normalisasi Sungai Bila dengan lebar rencana dasar sungai 75 m dan 100 m, dan pembuatan tanggul dengan lebar puncak 4,00 m dan tinggi 1,00 m - 3,00 m.

Kata Kunci: Pengendalian Banjir, Normalisasi, Tanggul, AVSWAT 2000, HEC-RAS 4.1.0

ABSTRACT: Developing of the area in the Bila watershed for the fulfillment of various facilities and infrastructure needs increase every year causing declining quality of the watershed leads flooding around the Bila River. The method used in the study was AVSWAT 2000 and HEC-RAS 4.1.0. Based on the results of simulation modeling AVSWAT 2000 showed an increase in the annual maximum flood discharge from 1156 m³/s to 1161 m³/s. The flood discharge was 50-year return period using the Log Pearson Type III distribution. The proposed flood control system based on the results of the HEC-RAS 4.1.0 analysis is Bila River normalization, the width of riverbed plan 75 m and 100 m, and the embankment with a crest width of 4,00 m and a height of 1,00 m - 3,00 m.

Keywords: Flood control, Normalization, Embankment, AVSWAT 2000, HEC-RAS 4.1.0.

Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan air yang disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek. Sedangkan di bagian hilir arusnya tidak deras karena landai, tetapi durasi banjirnya panjang (Kodoatie & Sugiyanto, 2001).

Pengembangan kawasan untuk pemenuhan berbagai kebutuhan seperti sarana pemukiman,

pertanian, perdagangan, industri, perkantoran, jalan dan lain-lain. Dari tahun ke tahun semakin meningkat sebagai dampak pertumbuhan penduduk dan pengembangan aktivitasnya, hal tersebut menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan termasuk menurunnya kualitas daerah aliran sungai sehingga menyebabkan terjadinya hal-hal yang menimbulkan kerugian, yang paling nyata yaitu kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim hujan.

Kondisi tersebut terjadi pula pada aliran Sungai Bila, antara lain ditandai dengan

kejadian disekitar Sungai Bila berupa berkurangnya kapasitas sungai, peningkatan debit banjir, dan meluapnya Sungai Bila dan anak-anak sungainya, mengakibatkan kerusakan sarana fasilitas umum, areal persawahan, kebun, dan daerah permukiman serta terganggunya kelancaran arus lalu lintas pada Jalan Raya Trans Sulawesi. Dan diperburuk lagi dengan adanya gerusan aliran sungai yang menimbulkan kerusakan tebing sungai yang mengancam fasilitas-fasilitas penting yang ada di sekitarnya.

Berdasarkan berita yang dilansir Rakyat Sulsel dan Tribun Timur, tanggal 7 dan 8 juli 2012 menyebutkan tingginya curah hujan yang berdampak pada meluapnya Sungai Bila (Tanrutedong), menjadi penyebab ratusan perumahan penduduk, sekolah, sarana peribadatan, dan jalan Trans Sulawesi terendam banjir. Sehubungan dengan hal tersebut maka perlu segera dilakukan upaya-upaya untuk mengatasi agar dampak yang ditimbulkan dapat segera ditangani dengan baik.

Tujuan yang diharapkan dalam studi ini adalah mengetahui pengaruh perubahan tata guna lahan DAS Bila terhadap debit banjir, menghitung debit banjir rencana berbagai periode dan kapasitas tampungan alur Sungai Bila, memberikan alternatif penanganan banjir Sungai Bila.

Manfaat dari studi ini adalah hasil penelitian ini dapat membantu pihak-pihak terkait yang menangani sungai Bila di daerah penelitian dalam upaya mengelola DAS secara terpadu dan berkelanjutan, dan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang daerah rawan banjir, sehingga diharapkan akan memiliki kesadaran dan dapat berpartisipasi aktif dalam melestarikan ekosistem DAS.

METODE PENELITIAN

Secara geografis DAS Bila terletak pada 4°52'04"LS – 5°03'04"LS, dan 120°01'35" - 120°10'29"BT. Luas DAS 1029,31 km² dan panjang Sungai utama 64 km. Secara administrasi DAS Bila berada di Kabupaten Sidrap, Kabupaten Enrekang, dan Kabupaten Wajo dapat dilihat pada Gambar 1.

Data-data yang digunakan untuk studi ini adalah sebagai berikut:

- a. Data hujan tahun 2000 – tahun 2014
- b. Data debit AWLR Sungai Bila tahun 2000 - tahun 2014.

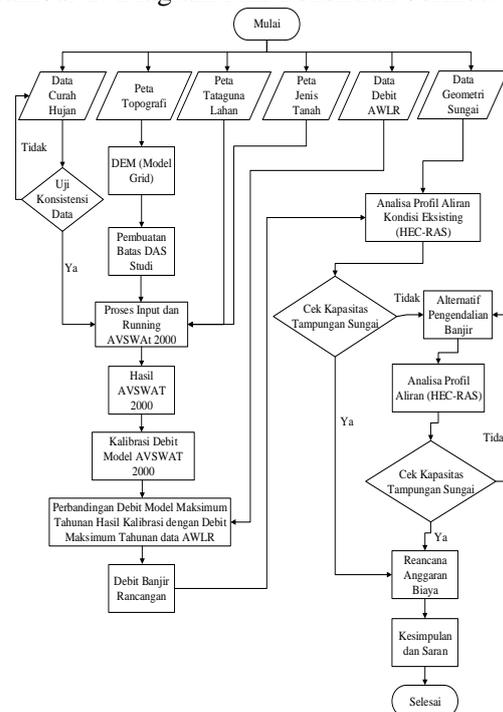
- c. Data Klimatologi (Suhu)
- d. Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1: 25.000.
- e. Peta Tata Guna Lahan tahun 2000 dan tahun 2013 skala 1: 25.000.
- f. Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1: 25.000.
- g. Data Geometri Sungai Bila



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

Metode

Metode yang digunakan dalam pengkajian studi ini adalah simulasi AVSWAT 2000 dan HEC-RAS 4.1.0. Adapun Langkah-langkah pengerjaan studi ditampilkan pada Gambar 2. Diagram Alir Penelitian berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Batas DAS Bila

Batas wilayah studi dalam penelitian ini berdasarkan batas wilayah hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS). Penentuan batas DAS pada studi ini menggunakan bantuan software ArcView GIS 3.3 yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Data Curah Hujan

Data hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data hujan dalam kurun waktu 15 tahun yaitu mulai tahun 2000 sampai dengan tahun 2014. Ketiga stasiun hujan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Koordinat Stasiun Hujan

ID	Stasiun Hujan	YPR	XPR
1	Maroangin	9583163	811241
2	Talangriaaja	9614463	829657
3	Tingaraposi	9574485	838238

Sumber: Hasil AVSWAT 2000

Uji Konsistensi Data Hujan

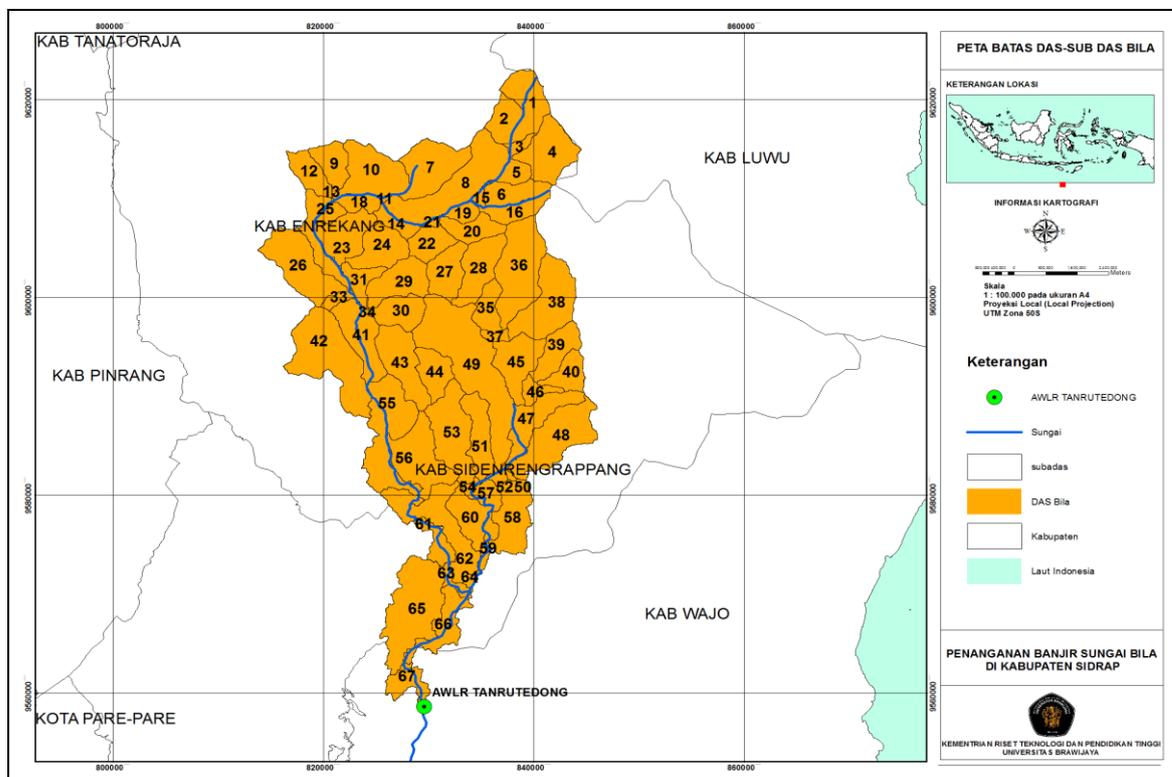
Uji konsistensi data hujan harian menggunakan lengkung massa ganda. Uji ini bertujuan untuk membandingkan data dari

stasiun yang diamati dengan stasiun disekitarnya guna mendapatkan sebaran data yang seragam.

Simulasi Pemodelan AVSWAT

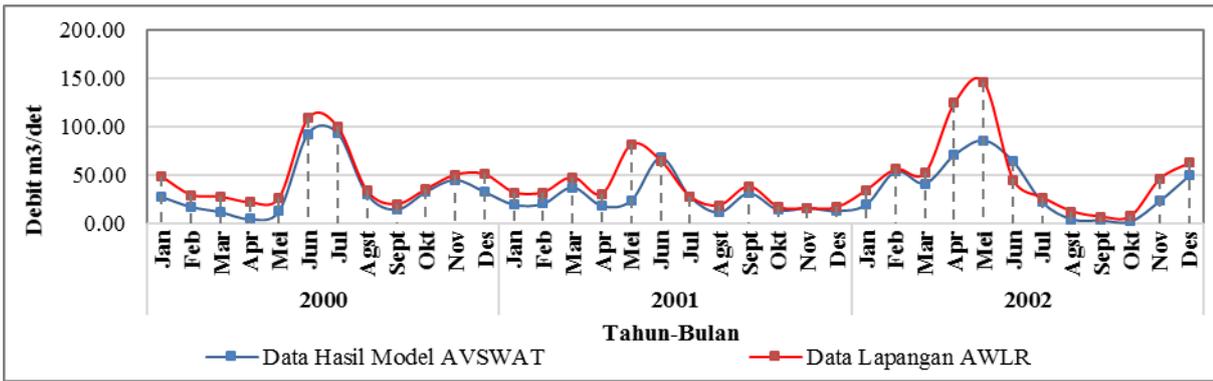
Proses simulasi pemodelan dengan menggunakan AVSWAT 2000 dilakukan dalam 2 proses yaitu (Febrianingrum, 2011):

1. Simulasi awal dan kalibrasi debit, yaitu simulasi dengan menggunakan nilai-nilai default (nilai data base pemodelan) yang ada pada model AVSWAT2000. Nilai-nilai default yang dimaksud adalah seperti angka parameter lahan, hru, sol, mgt, dan gw. Hal ini berdasarkan bahwa ketersediaan data di lapangan yang sangat minim untuk beberapa parameter-parameter tersebut, sehingga nilai-nilai parameter tersebut didekati/diisi terlebih dahulu dengan nilai-nilai yang dimiliki oleh AVSWAT2000.
2. Simulasi pasca kalibrasi yaitu dengan menggunakan nilai-nilai parameter dari proses simulasi awal dengan kalibrasi debit yang ditambahkan dengan input faktor dan parameter yang mempengaruhi besaran erosi dan sedimentasi untuk tujuan kalibrasi.

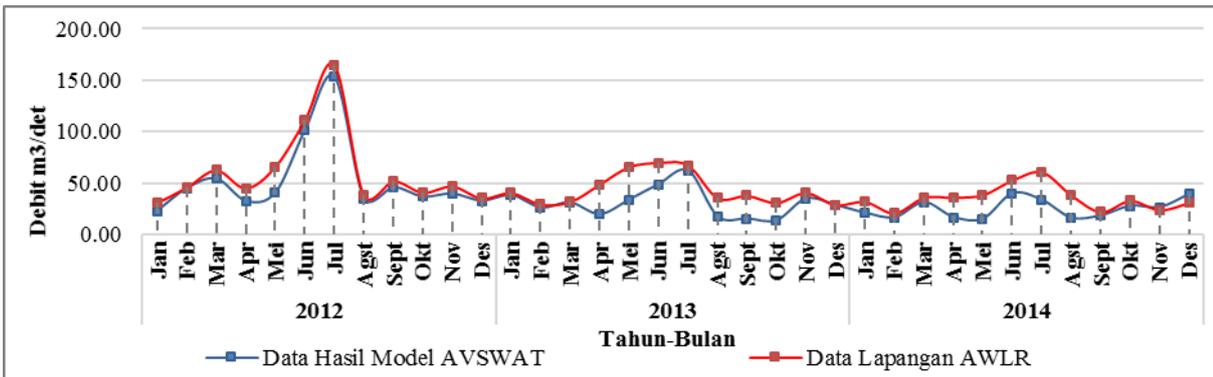


Gambar 3. Peta DAS Sungai Bila

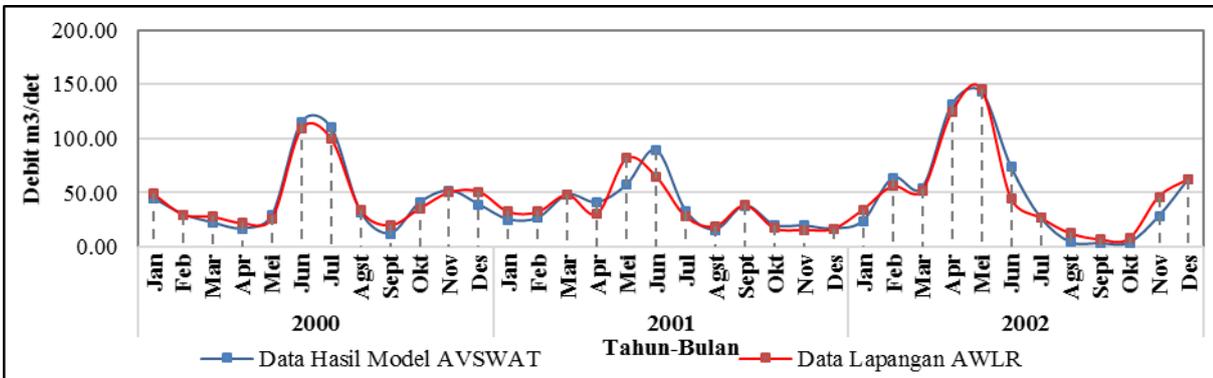
Sumber: Hasil Analisis



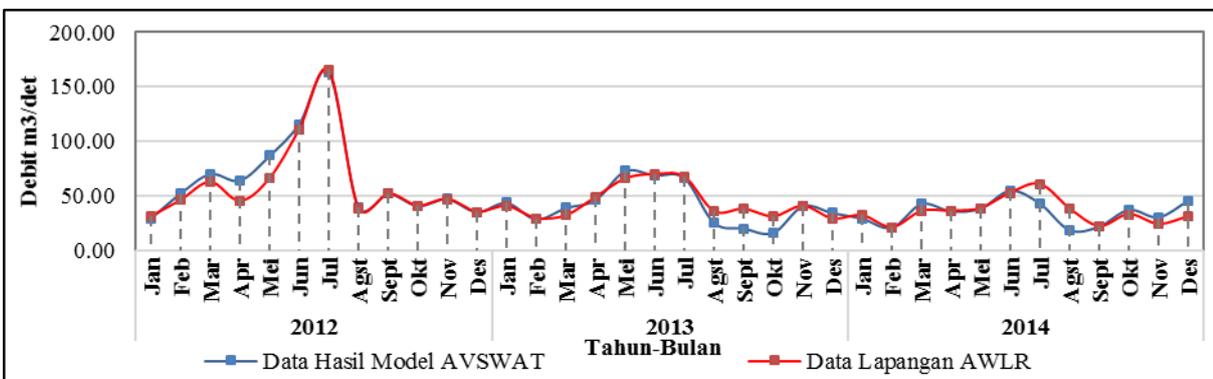
Gambar 4. Grafik debit model terhadap data terukur (AWLR) tahun 2000 – 2002 sebelum kalibrasi (Tataguna Lahan 2000)



Gambar 5. Grafik debit model terhadap data terukur (AWLR) tahun 2012 – 2014 sebelum kalibrasi (Tataguna Lahan 2013)



Gambar 6. Grafik debit model terhadap data terukur (AWLR) tahun 2000 – 2002 sesudah kalibrasi (Tataguna Lahan 2000)

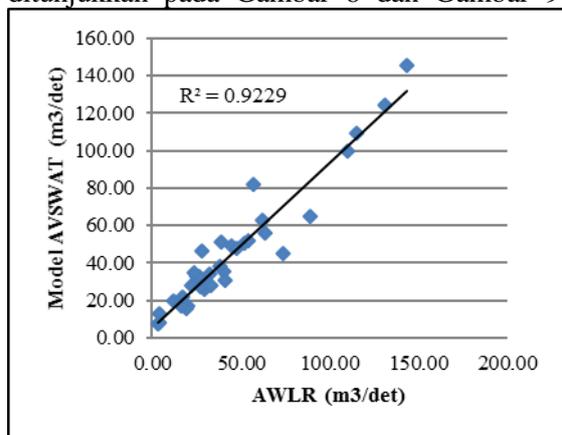


Gambar 7. Grafik debit model terhadap data terukur (AWLR) tahun 2012 – 2014 sesudah kalibrasi (Tataguna Lahan 2013)

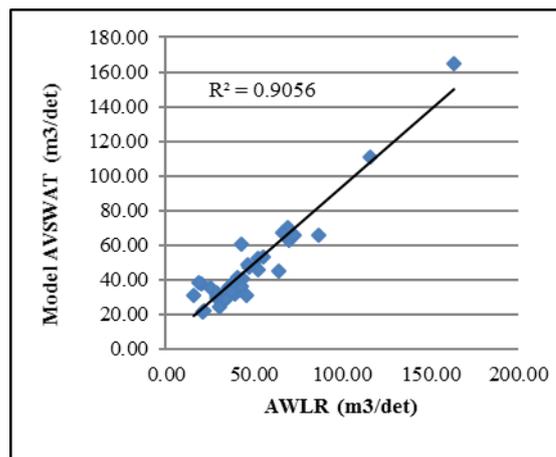
Uji Korelasi Hasil Simulasi AVSWAT 2000

Analisis Regresi adalah analisis yang membahas hubungan linier antara dua variabel atau lebih yaitu variabel bebas dan variabel tidak bebas (Harto, 2009). Derajat hubungan tersebut umumnya dinyatakan secara kuantitatif sebagai koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi berkisar antara $-1,0 \leq R \leq 1,0$.

Berdasarkan hasil debit model AVSWAT 2000 dilakukan uji korelasi untuk melihat hubungan debit model AVSWAT 2000 dengan debit AWLR. Dari hasil uji korelasi (analisis regresi) untuk tahun 2000–2002 mempunyai nilai $R^2 = 0,9229$ dan untuk tahun 2012–2014 mempunyai nilai $R^2 = 0,9056$. hal ini menunjukkan hubungan antara debit model AVSWAT 2000 dengan debit AWLR memiliki hubungan positif baik. Hasil uji korelasi ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Uji korelasi analisis regresi sesudah kalibrasi tahun 2000-2002 (Tataguna Lahan 2000)

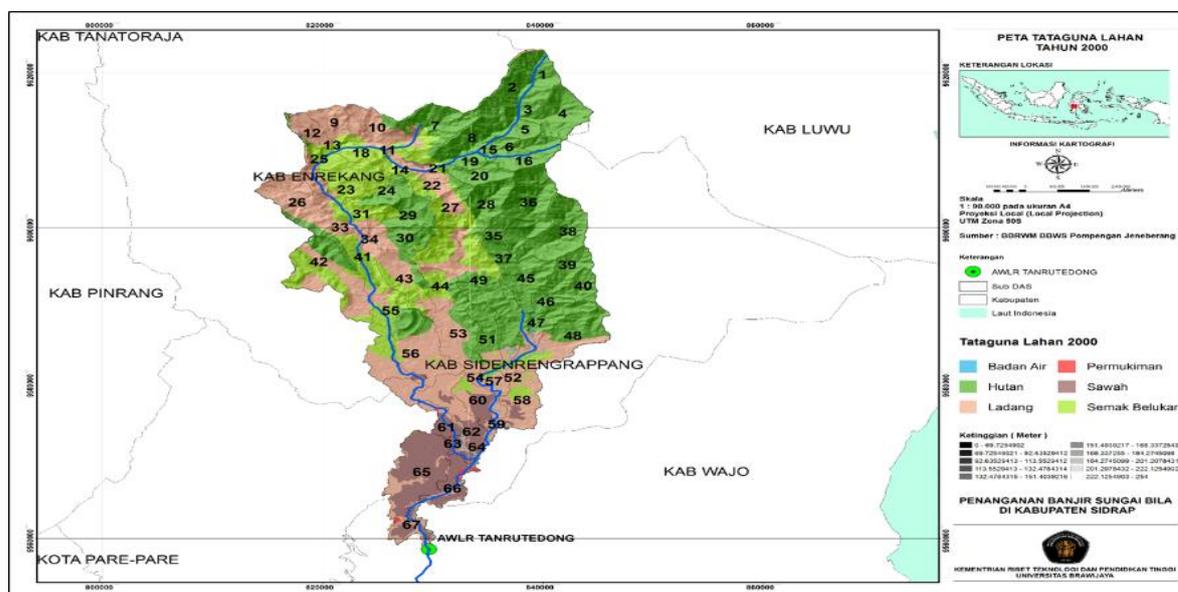


Gambar 9. Grafik Uji korelasi analisis regresi sesudah kalibrasi tahun 2012-2014 (Tataguna Lahan 2013)

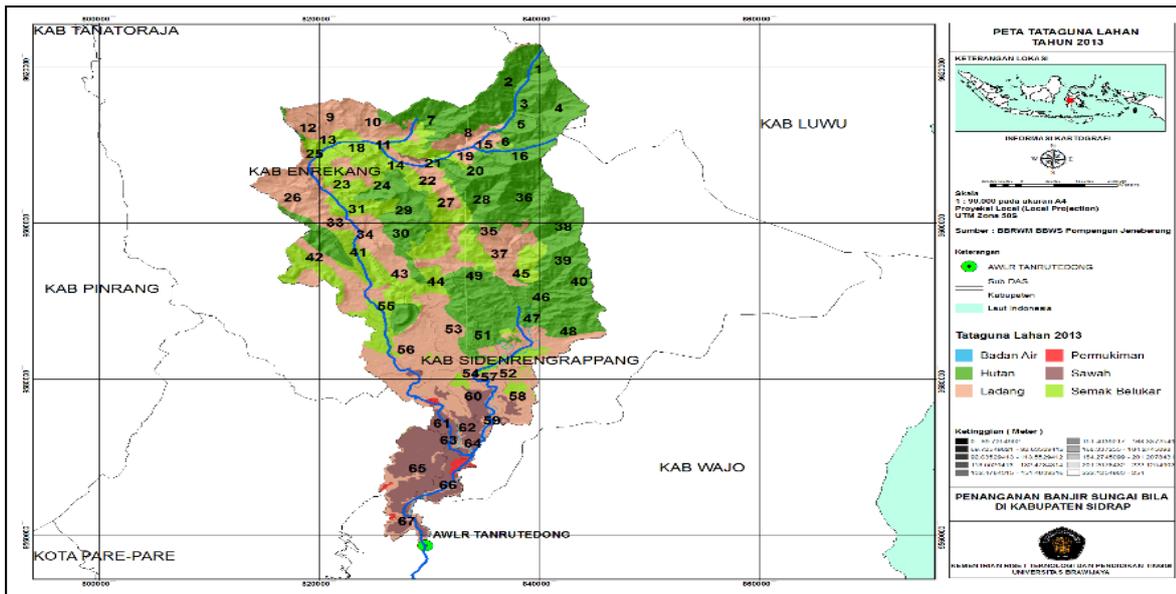
Perubahan Penggunaan lahan DAS Bila.

Tujuan dari analisis ini adalah untuk melihat laju pertumbuhan penggunaan atau penutupan lahan di DAS Bila yang menggambarkan adanya penambahan atau pengurangan penggunaan lahan.

Berdasarkan Gambar 10, Gambar 11, dan Tabel 2. menunjukkan bahwa pada periode tahun 2000 - 2014 telah terjadi perubahan penggunaan atau penutupan lahan di DAS Bila dengan menurunnya luas hutan sebesar 5,64% dan sawah 0,15%. Tapi sebaliknya terjadi peningkatan luas pemukiman sebesar 0.26%, Ladang 4.71%, semak belukar 0.81%. Perubahan yang mencolok pada periode ini adalah penambahan luas ladang dan pengurangan luas hutan.



Gambar 10. Peta penggunaan lahan DAS Bila tahun 2000



Gambar 11. Peta penggunaan lahan DAS Bila tahun 2013

Tabel 2. Perubahan Penggunaan Lahan dari Tahun 2000 – 2013

No	Pengunaan Lahan	Luas Penggunaan Lahan						Keterangan
		Tahun 2000		Tahun 2013		Perubahan		
		Luas (Ha)	Luas (%)	Luas (Ha)	Luas (%)	Luas (Ha)	Luas (%)	
1	Badan Air	392.21	0.38%	392.21	0.38%	0	0%	Tetap
2	Hutan	45,798.05	44.49%	39,995.31	38.86%	-5802.74	-5.64%	Berkurang
3	Ladang	30,057.39	29.20%	34,907.52	33.91%	4850.13	4.71%	Bertambah
4	Permukiman	181.67	0.18%	454.15	0.44%	272.48	0.26%	Bertambah
5	Sawah	8,092.76	7.86%	7,942.37	7.72%	-150.39	-0.15%	Berkurang
6	Semak Belukar	18,409.22	17.88%	19,239.69	18.69%	830.47	0.81%	Bertambah
Jumlah		102,931.29	100%	102,931.24	100%			

Sumber: Pengolahan Data

Perbandingan Hasil Debit Model AVSWAT 2000 Maksimum Tahunan dan Debit Sungai (AWLR) Maksimum Tahunan

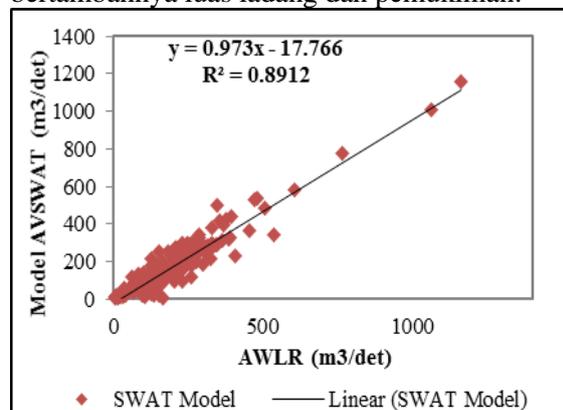
Dari data debit model AVSWAT 2000 dan data debit sungai pos AWLR Tanrutedong selama 15 Tahun dari tahun 2000 sampai dengan 2014, dibuat uji regresi yang memberikan hubungan antara debit model AVSWAT 2000 dan debit sungai hasil pengolahan data AWLR Sungai Bila.

Hasil uji korelasi data dengan Metode Analisis Regresi yang ditunjukkan pada Gambar 12 diperoleh nilai koefisien 0,8912 dan berada antara interval $0,6 < R < 1$. Nilai R dari perbandingan debit model maksimum tahunan dan debit AWLR maksimum tahunan secara keseluruhan memiliki hubungan positif baik.

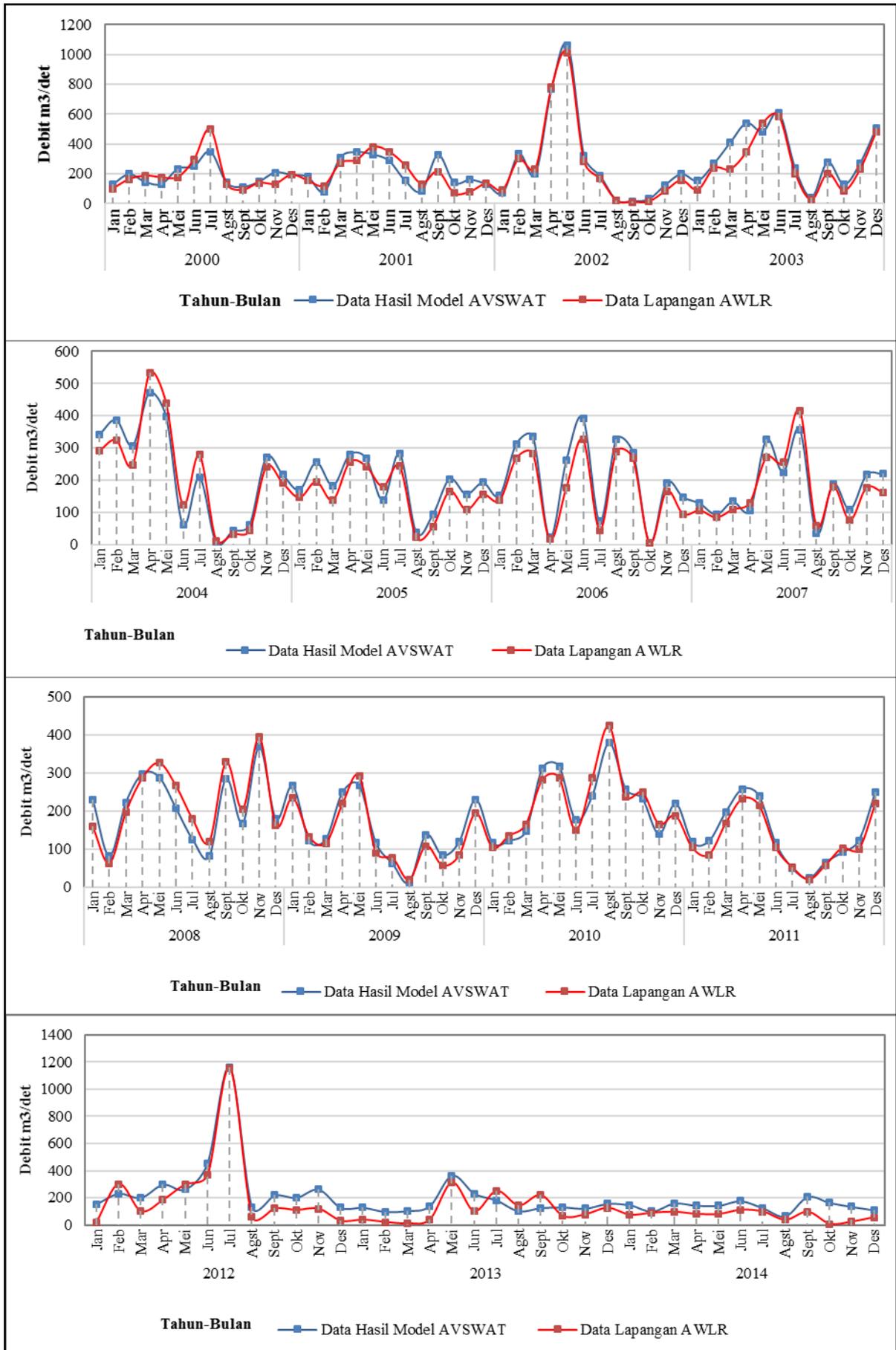
Hasil Besaran Debit Pemodelan AVSWAT 2000

Berdasarkan hasil simulasi AVSWAT 2000 yang ditunjukkan pada Gambar 13, besaran

nilai debit maksimum tahunan DAS Bila pada kondisi tataguna lahan tahun 2013 mengalami perubahan debit maksimum tahunan di tahun 2012 bulan juli dari debit 1156 m³/detik menjadi 1161 m³/detik. Terjadinya peningkatan debit pada DAS Bila karena adanya perubahan luas lahan hutan yang berkurang sebagai daerah resapan air dan bertambahnya luas ladang dan permukiman.



Gambar 12. Grafik Hubungan debit model AVSWAT 2000 debit sungai (AWLR).



Gambar 13. Perbandingan antara debit model AVSWAT 2000 dan debit sungai (Tahun 2000-2014)

Analisa Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Triatmodjo, 2013).

Tabel 3. Debit AWLR Maksimum Tahunan

No	Tahun	Xi (m ³ /dtk)
1	2000	498.73
2	2001	379.90
3	2002	1007.85
4	2003	585.41
5	2004	532.20
6	2005	254.80
7	2006	326.30
8	2007	415.76
9	2008	393.80
10	2009	291.29
11	2010	423.98
12	2011	231.97
13	2012	1157.00
14	2013	311.64
15	2014	110.92
Jumlah		6921.55

Sumber: Hasil Analisis

- Debit Maksimum Tahunan rata-rata: $X_{rt} = 461,44$
- Nilai Standar Deviasi $S_d = 281,16$
- Nilai Koefisien Skweness $C_s = 1,581$
- Nilai Koefisien Kurtosis $C_k = 5,69$

Tabel 4. Uji Parameter Statistik

Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$	$C_s = 1,581$	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 3$	$C_k = 5,69$	
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	$C_s = 1,581$	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	$C_k = 5,69$	
Gumbel	$C_s \approx 1,139$	$C_s = 1,581$	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 5,4$	$C_k = 5,69$	
Log Pearson Tipe III	Selain dari nilai di atas	$C_s = 1,581$	Memenuhi
		$C_k = 5,69$	

Sumber: Hasil Analisis

Analisis Debit Kala Ulang

Dari hasil uji parameter statistik digunakan metode log pearson tipe III untuk analisis debit kala ulang.

Tabel 5. Debit Banjir Rencana dengan metode Log Pearson Tipe III

Tr (tahun)	P _{Tr} (%)	X _T (m ³ /detik)
2	50	412,70
5	20	663,66
10	10	840,33
20	5	1029,23
25	4	1071,83
50	2	1249,08
100	1	1426,31

Sumber: Hasil Analisis

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pemeriksaan uji kesesuaian dapat dilakukan dengan uji Chi Square dan uji Smirnov Kolmogorov (Soewarno, 1995).

a. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov merupakan pengujian terhadap penyimpangan data kearah horizontal. Uji ini sering disebut uji kecocokan non-parametic (Suripin, 2004). Analisis pengujian Smirnov-Kolmogorov ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 6. Uji Smirnov-Kolmogorov

α (%)	D critis	D max	Keterangan
1	0.404	0.092	Diterima
5	0.338	0.092	Diterima
10	0.304	0.092	Diterima
15	0.283	0.092	Diterima

Sumber: Hasil Analisis

b. Uji Chi Square

Seperti halnya uji Smirnov-Kolmogorov, uji Chi-Square juga digunakan untuk uji kesesuaian distribusi. Hasil analisis uji Chi Square ditampilkan pada Tabel berikut:

Tabel 7. Uji Chi Square

No	Batas Kelas			Jumlah Data		OF-EF	(OF-EF) ² /EF
				OF	EF		
1	0	-	249.4	2	3	-1	0.333
2	249.4	-	348.9	4	3	1	0.333
3	348.9	-	483.5	3	3	0	0
4	483.5	-	663.7	4	3	1	0.333
5	663.7	-	~	2	3	-1	0.333
	Jumlah			15	15		1.333

Sumber : hasil analisis

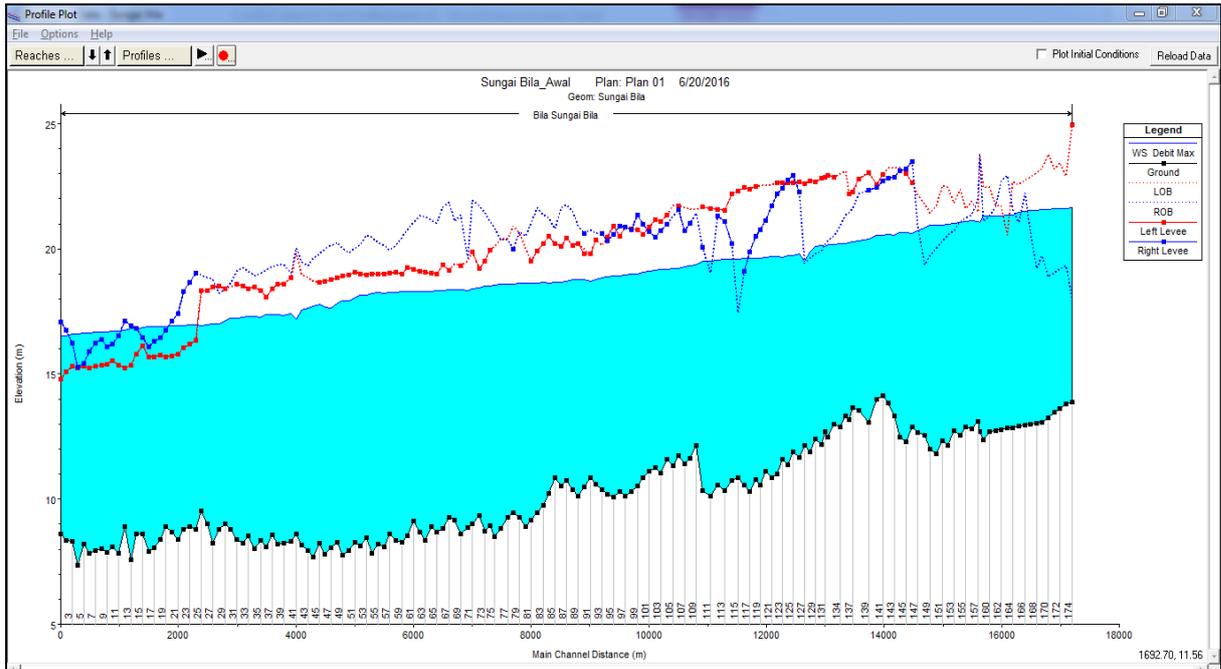
Dengan derajat bebas (dk) = 1, dan derajat kepercayaan (α) = 5 %, didapat $x^2_{cr}=3,841 > x^2_{hitung} =1,333$ maka distribusi dapat diterima.

Analisis Kapasitas Sungai Eksisting.

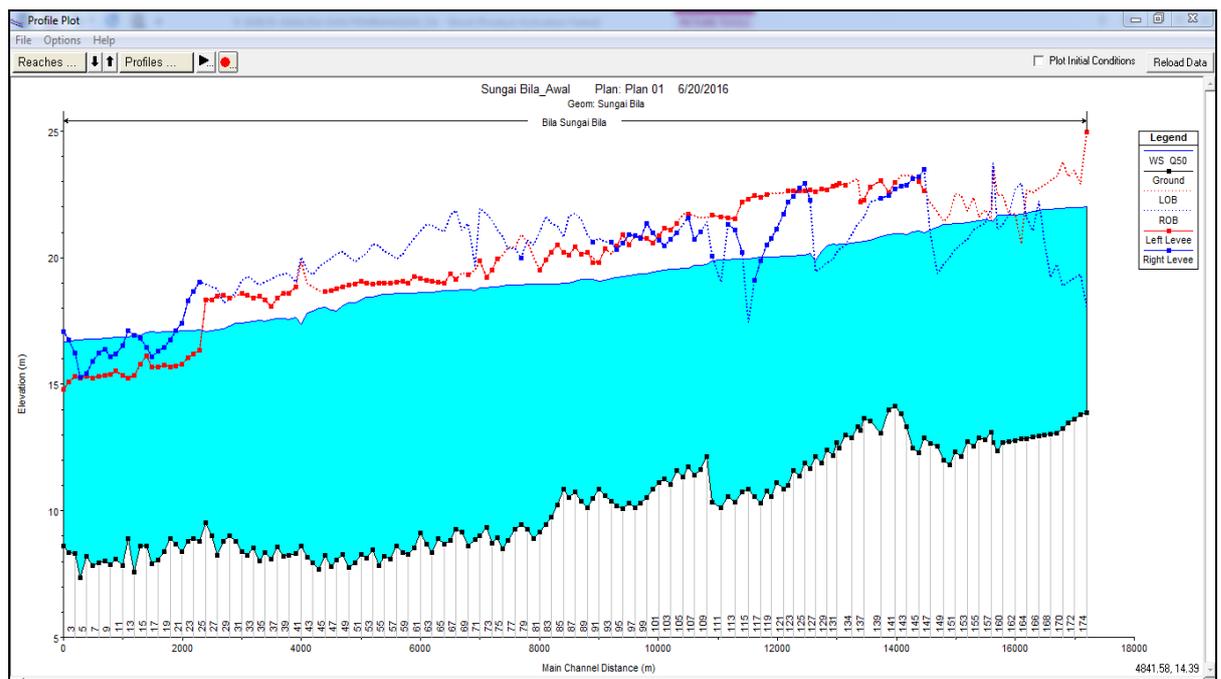
Berdasarkan hasil simulasi HEC-RAS 4.1.0 yang ditunjukkan Gambar 14, pada debit banjir maksimum tahun 2012 sebesar 1157 m³/detik kondisi sungai eksisting tidak dapat menampung debit banjir.

Hasil Running HEC-RAS Debit Banjir Rancangan

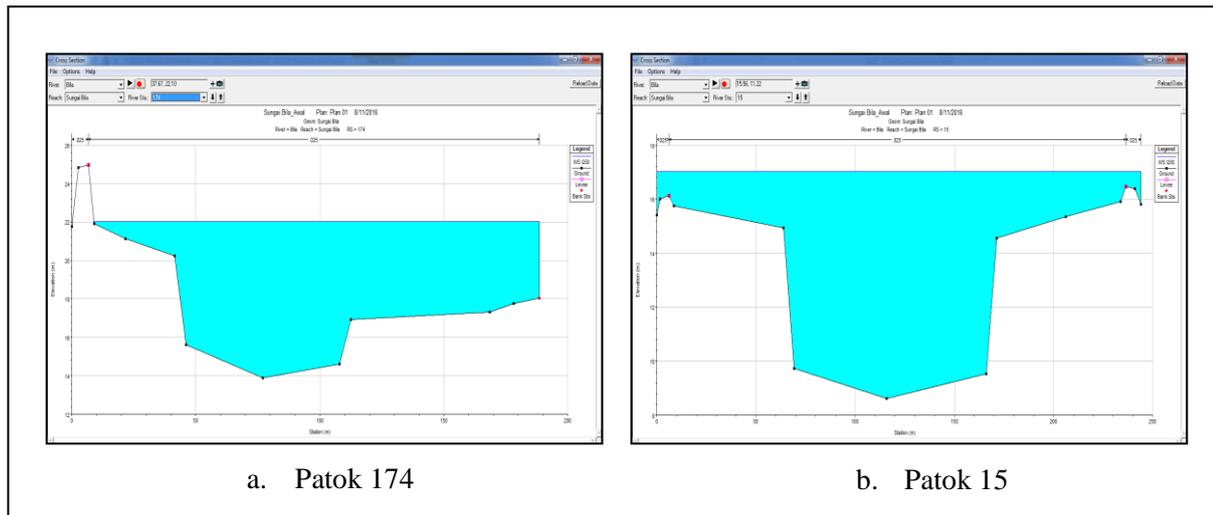
Berdasarkan hasil analisis kapasitas sungai eksisting pada kondisi debit banjir maksimum terjadi luapan dengan debit sebesar 1157 m³/detik mendekati debit kala ulang 50 tahun=1249,08 m³/detik maka dalam studi direncanakan debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun. Hasil simulasi HEC-RAS ditampilkan pada Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 14. Profil muka air Sungai Bila kondisi eksisting dengan debit banjir maksimum tahun 2012



Gambar 15. Profil muka air Sungai Bila kondisi eksisting dengan Debit Banjir Rancangan Q50

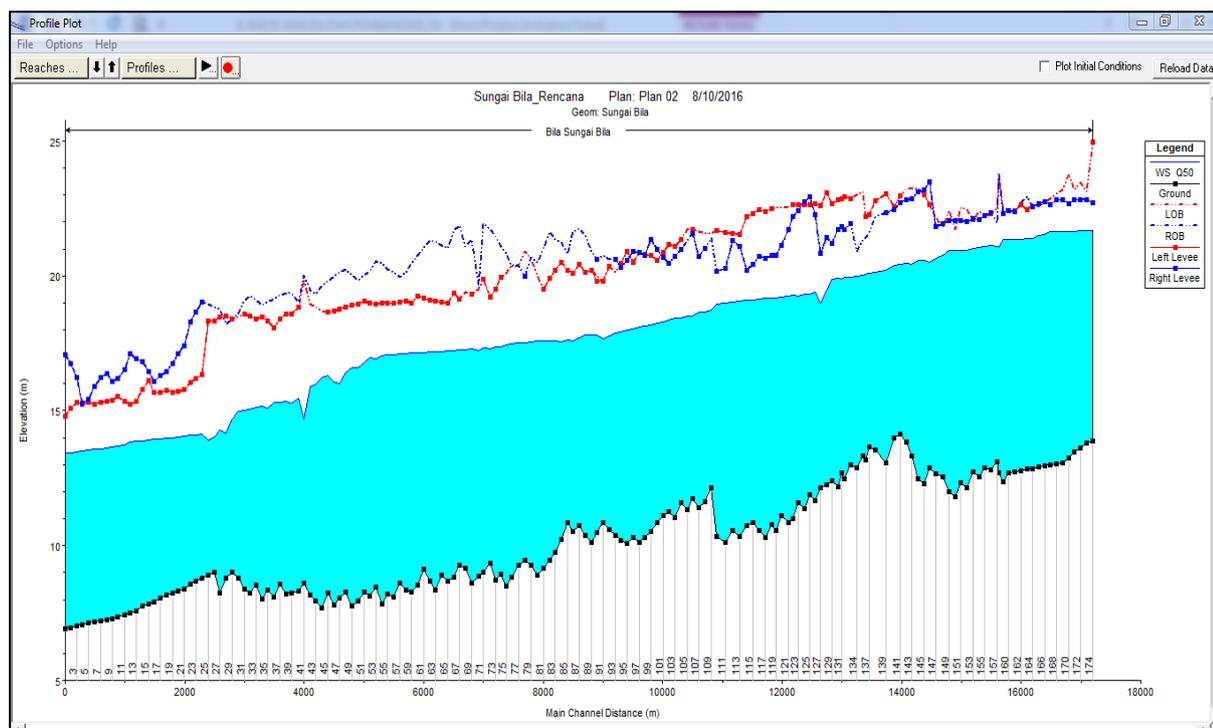


Gambar 16. Potongan Melintang Sungai Bila kondisi eksisting dengan Debit Banjir Rancangan Q50

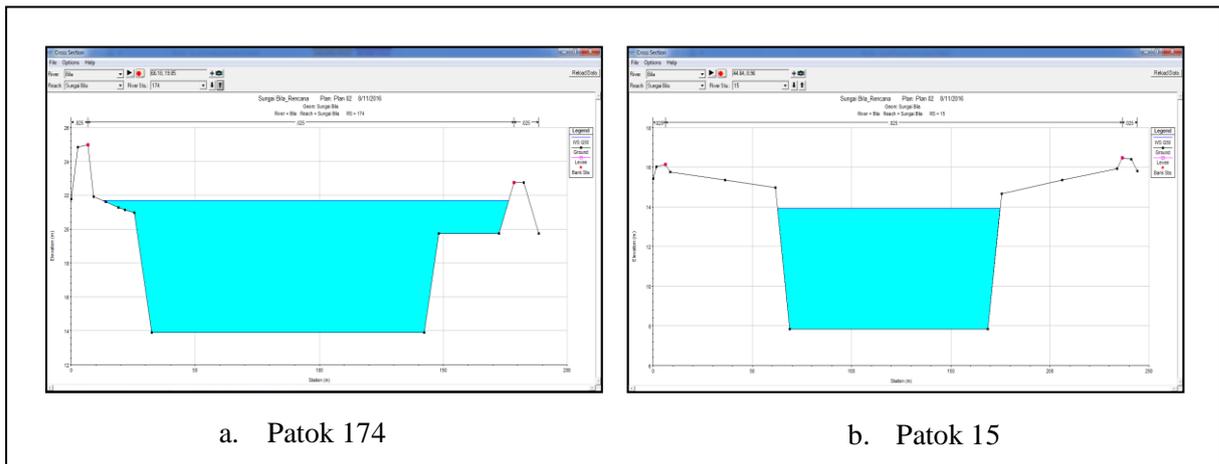
Normalisasi dan Pembuatan Tanggul

Normalisasi sungai yang dimaksud adalah dengan melakukan perbaikan penampang sungai yang sempit dan dangkal (Arifuddin K., 2014). Perencanaan lebar sungai direncanakan 75 m dan 100 m dengan perencanaan tersebut dapat menangani banjir di Sungai Bila. Berdasarkan hasil running HEC-RAS 4.1.0 debit banjir rencana $Q_{50} = 1249,08 \text{ m}^3/\text{detik}$ penanganan dengan normalisasi belum dapat menangani banjir Sungai Bila karena masih ada ruas sungai yang meluap maka perencanaan ditambahkan dengan tanggul.

Tanggul adalah bangunan dari timbunan tanah di sepanjang sungai untuk untuk mencegah muka air meluap. Dimensi tanggul yang direncanakan mulai tinggi 1,00 m – 3,00 m dengan lebar puncak 4,00 m dan tinggi jagaan 1,00 m, kemiringan lereng 1:1, dan kemiringan tanggul 1:2. Perencanaan Normalisasi dan tanggul mulai pada patok P.174-P.167, perencanaan tanggul mulai patok P.166-P.147, P.117-P.115, dan perencanaan normalisasi mulai patok P.24-P.1. Hasil simulasi model HEC-RAS ditunjukkan pada Gambar 17 dan Gambar 18 sebagai berikut



Gambar 17. Profil muka air Sungai Bila kondisi Normalisasi dan Pembuatan Tanggul.



Gambar 18. Potongan Melintang Sungai Bila kondisi Normalisasi dan Pembuatan Tanggul

Rencana Anggaran Biaya

Analisa Rencana anggaran biaya dalam kajian ini hanya menghitung biaya konstruksi. Biaya ini berupa kisaran dalam menaksir besarnya biaya yang dikeluarkan untuk penanganan banjir Sungai Bila. Total rencana anggaran biaya penanganan banjir Sungai Bila sebesar Rp. 60.690.000.000,-

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi penanganan banjir Sungai Bila Kabupaten Sidrap dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis peta tataguna lahan periode tahun 2000-2014 telah terjadi perubahan penutupan/penggunaan lahan di DAS Bila yang diindikasikan dengan menurunnya luas hutan sebesar 5,64% dan sawah 0,15%. Tapi sebaliknya terjadi peningkatan luas pemukiman sebesar 0,26%, Ladang 4,71%, semak belukar 0,81%. Perubahan penggunaan lahan pada periode tahun 2000–2014 mempunyai dampak yaitu berubahnya respon DAS Bila terhadap hujan. Hal ini ditunjukkan pada perubahan debit puncak banjir di tahun 2012 pada tataguna lahan tahun 2000 dengan debit puncak banjir 1156 m³/detik menjadi 1161 m³/detik pada tataguna lahan 2013. Perubahan debit banjir yang terjadi di tahun 2012 tidak terlalu signifikan karena rentang waktu yang pendek untuk menganalisa perubahan di DAS Bila.
2. a. Debit banjir Sungai Bila, periode ulang 2 tahun = 412,70 m³/detik, periode ulang 5 tahun = 663,66 m³/detik, periode ulang 10 tahun = 840,33 m³/detik, periode ulang 20 tahun = 1029,23 m³/detik, periode ulang 25 tahun = 1071,83

m³/detik, periode ulang 50 tahun = 1249,38 m³/detik, dan periode ulang 100 tahun = 1426,31 m³/detik.

- b. Berdasarkan data debit Sungai Bila mulai tahun 2000 hingga 2014 didapatkan debit tahun 2012 merupakan debit terbesar dengan nilai 1157 m³/detik mendekati kala ulang 50 tahun. Dari hasil pemodelan HEC-RAS kondisi eksisting Sungai Bila tidak dapat menampung debit banjir maksimum sebesar 1157 m³/detik karena beberapa ruas profil muka air kondisi eksisting melebihi kapasitas sungai saat *full bank capacity* mulai P.174-P167, P.165-163, P.161-P.159, P.156-P.147, P.117-115, dan P.24-P.1. Kapasitas sungai Eksisting hanya dapat menampung debit dengan kala ulang 2 tahun sebesar 412,70 m³/detik.
3. Pengendalian banjir pada Sungai Bila dilaksanakan untuk menanggulangi luapan yang terjadi akibat debit banjir rencana periode ulang Q50 tahun, melalui alternatif struktural, antara lain: Normalisasi, pembuatan tanggul banjir dengan menggunakan tanah hasil galian, dan kombinasi antara normalisasi dengan tanggul, dimensi tanggul: lebar mercu 4 m, tinggi jagaan 1 m, kemiringan lereng 1:1, dan kemiringan tanggul 1:2. Biaya konstruksi yang dikeluarkan untuk rencana anggaran biaya membangun sistem pengendalian banjir Sungai Bila membutuhkan biaya kegiatan sebesar Rp. 60.690.000.000,00. Biaya konstruksi ini merupakan pendekatan untuk menaksir biaya pekerjaan pengendalian banjir Sungai Bila.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu penyelesaian penelitian ini:

1. Kementerian Pekerjaan Umum, yang telah memberikan kesempatan untuk melanjutkan studi Magister Teknik Pengairan di Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya;
2. Kepala Balai Wilayah Sungai Sulawesi IV yang telah memberikan izin tugas belajar;
3. Rekan-rekan seangkatan di Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya yang telah memberi dukungan dan masukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. *Banjir Bandang landa Sidrap Jalur Trans Sulawesi Lumpuh*. <http://rakyatsulsel.com/banjir-bandang-landa-sidrap-jalur-trans-sulawesi-lumpuh.html>. (diakses 12 Juli 2015).
- Anonim. 2012. *Banjir Bandang di Sul-Sel rendam sekolah dan rumah ibadah*. <http://makassar.tribunnews.com/2012/07/08/banjir-bandang-di-sulsel-rendam-sekolah-dan-rumah-ibadah>. (diakses 12 Juli 2015).

- Arifuddin K., Rizal. 2014. Studi Pengendalian Banjir Kali Wraji Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknik Pengairan*. Volume 5 Nomor 1: 9-18
- Dinda Febrianingrum, Noor. 2011. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Sedimen di Sungai Lesti. *Jurnal Teknik Pengairan*. Volume 2 Nomor 1.
- Harto, Sri. 2009. *Hidrologi*, Nafri Offset. Yogyakarta.
- Kodoatie, R. J. & Sugiyanto, 2001. *Banjir, Beberapa penyebab dan metode pengendaliannya dalam perspektif Lingkungan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk analisa Data Jilid I*. Penerbit Nova Bandung.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk analisa Data Jilid II*. Penerbit Nova Bandung.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2013. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta