Jurnal ILMU LINGKUNGAN

ISSN 1978-5283

Rukmi, NI.,Hamidy, R.,Mubarak
2013:7 (1)

PENGARUH LUAS TEBANGAN HUTAN TANAMAN AKASIA TERHADAP KARAKTERISTIK HIDROGRAF BANJIR

Ning Indar Rukmi
Kehutanan BP2HP Wil. 3 Pekanbaru, Jl. Arifin Ahmad Pekanbaru

Rasoel Hamidy
Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau, Pekanbaru, Jl. Pattimura No.09.Gobah, 28131. Telp 0761-23742.

Mubarak
Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau, Pekanbaru, Jl. Pattimura No.09.Gobah, 28131. Telp 0761-23742.

The effect of the extensive logging acacia on the flood hydrographic characteristic

ABSTRACT

One of the forest functions is the protection for water ecosystem along a watershed. The activities of extensive acacia logging area near the watershed of Sipatak by PT. Sumatera Sylva Lestari currently have not paid attention on the environmental condition, especially the hydrologic aspect. The present research sought to investigate the effect of the extensive logging acacia on the flood hydrographic characteristic. The research was expected to come with the proper acacia logging area. The land coverage and curve number analysis were performed using software program ArcView GIS 3.3 which was based on Table SCS Curve Number. The average rain of the watershed was calculated using Polygon Thiessen technique and the plan maximum daily rain was obtained from a frequency analysis toward the average rain of the watershed. The hydrographic units was obtained from 10 flood incidences using Collins' technique. The scenario of the forest logging pattern was made according to the prevailing provision at PT. Sumatera Sylva Lestari. The flood hydrographic analysis was performed using Software HEC-HMS 2.2.2 by doing a calibration and verification to obtain the watershed parameter which would be used in the flood hydrographic simulation resulting from the logging. The initial value of the sub watershed of Sipatak was 78.558. The logging at sub watershed of Sipatak up to 79.496% resulted in the increase of CN to be 83.49. The increase of the CN resulted in the increase of the peak debit up to 71.60% and the runoff volume was 71.04%. The trend line of peak debit increase and the runoff volume resulting from the forest logging depended on the logging forest area and the rain input. To avoid the over capacity of the watershed of Sipatak, the logging area should be 120.30 hectare or 32.69%.

Keyword : watershed, forest logging, peak debit, runoff volume

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

PENDAHULUAN

Salah satu fungsi hutan adalah sebagai pengatur tata air, menjaga waktu yang diperlukan air untuk sampai pada tempat tertentu dan penyebaran aliran sungai, menjaga iklim mikro dan mampu melindungi daerah di bawahnya dari berbagai macam bencana seperti banjir dan tanah longsor. Fungsi vegetasi hutan dalam mengatur lingkungan hidrologis suatu DAS terjadi melalui perlindungan permukaan tanah dari tenaga kinetis air hujan, melalui tiga lapisan yakni bagian tajuk (*canopy*), seresah hutan dan pori-pori tanah sehingga mampu mengendalikan laju limpasan permukaan (*surface runoff*).

Berbagai kejadian bencana alam seperti banjir yang akhir-akhir ini terjadi sering memunculkan pertanyaan tentang fungsi hutan sebagai pengatur tata air. Kejadian banjir tersebut diduga akibat adanya penurunan daya dukung lingkungan seperti rusaknya kawasan hutan dan berkurangnya luas tutupan lahan hutan, yang dapat meningkatkan debit puncak aliran di alur sungai. Perubahan tutupan lahan hutan akan mempengaruhi perilaku aliran air. Beberapa ahli mengatakan bahwa peningkatan debit puncak tersebut, selain diakibatkan oleh perubahan iklim juga disebabkan oleh perubahan tutupan lahan yang diduga telah meningkatkan koefisien limpasan.

Dengan adanya perubahan tutupan lahan akan berdampak pada berubahnya sifat-sifat hidrologi seperti koefisien aliran, debit dan karakteristik hidrograf banjir. Indikator kerusakan hutan dapat dilihat dari karakteristik hidrograf. Evaluasi respon DAS berupa hidrograf banjir akibat adanya perubahan penutupan lahan menjadi sangat penting untuk dianalisis karena merupakan tolak ukur dalam setiap penentuan kebijakan terkait dengan penanganan banjir.

Banyaknya pertanyaan yang muncul terkait dengan dipertanyakannya kembali fungsi hutan sebagai pengatur tata air, pertanyaan lebih lanjut mengarah pada berapa sebenarnya luas kawasan hutan yang harus dipenuhi dari suatu wilayah DAS agar dapat menjaga wilayah tersebut dari bencana lingkungan (bencana hidrologis dan atau geologis). Pemerintah melalui Undang Undang No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan telah menetapkan luasan hutan yang harus dipenuhi dalam suatu wilayah DAS atau pulau untuk dapat menjamin fungsinya adalah 30%, namun demikian tidak disertai justifikasi ilmiah yang memadai sehingga di lapangan sering terjadi perdebatan dan banyak disalahartikan. Belum adanya data ilmiah yang dapat mendukung pemeritah tersebut menjadi latar belakang pentingnya penelitian ini untuk dilakukan.

Dalam rangka pemungutan hasil hutan, pihak perusahaan swasta dan BUMN melakukan penebangan hutan di wilayah kerjanya. Penebangan hutan tersebut dilakukan dengan cara tebang habis dengan permudaan buatan dan didasarkan pada umur tanaman/daur hidup dari tanaman tersebut tanpa memperhatikan aspek lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan pembalakan (Hariadi, 2003).

Hasil penelitian dalam jangka panjang diberbagai Negara menunjukkkan bahwa jumlah aliran air meningkat apabila hutan ditebang atau dikurangi dalam jumlah cukup besar. Penelitian pengaruh penebangan hutan terhadap debit aliran pada hutan tropis di Australia, Kenya dan Brazil menunjukkan bahwa penebangan yang dilaksanakan dengan cara tebang habis

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

memberikan dampak yang signifikan terhadap aliran air dan laju aliran dasar. Penebangan hutan tropis di Indonesia dapat memberikan kemungkinan yang lebih besar dalam meningkatkan debit aliran, karena sumber air hujan di Indonesia sebagian berasal dari penguapan air laut bukan dari hasil evapotranspirasi vegetasi hutan (Asdak, 2002).

Wulan (2005), penebangan hutan yang menyebabkan berkurangnya kapasitas simpan tajuk akan meningkatkan debit aliran karena besarnya masukan curah hujan relatif tidak berubah.

Upaya untuk mengurangi dampak negatif penebangan hutan dapat dilakukan melalui kegiatan penanaman kembali hutan yang telah ditebang, namun usaha penghutanan kembali hutan yang telah rusak hingga hutan tersebut dapat tumbuh seperti semula membutuhkan waktu yang cukup lama. Selama hutan yang ditanam tersebut mengalami pertumbuhan, sifat hidrologi dari DAS akan mengalami perubahan, seperti naiknya volume limpasan permukaan (*runoff*), banjir, kekeringan, erosi, berkurangnya kemampuan infiltrasi dan tampungan air tanah dan pada akhirnya akan merubah keseimbangan air pada DAS tersebut.

Kerusakan hutan dapat dilihat dari perubahan karakteristik hidrograf banjir, dimana pada kawasan hutan yang mengalami kerusakan, waktu konsentrasinya lebih pendek, sehingga debit puncak lebih cepat terjadi dan volume debit puncaknya lebih tinggi jika dibandingkan dengan hutan yang masih alami. Perubahan ini juga dapat menyebabkan sifat sungai yang semula mengalir sepanjang tahun (*perennial*) menjadi sungai kering pada musim kemarau (*intermitern*). Oleh karena itu penebangan hutan perlu memperhatikan faktor dari karakteristik hidrologi pada DAS tersebut.

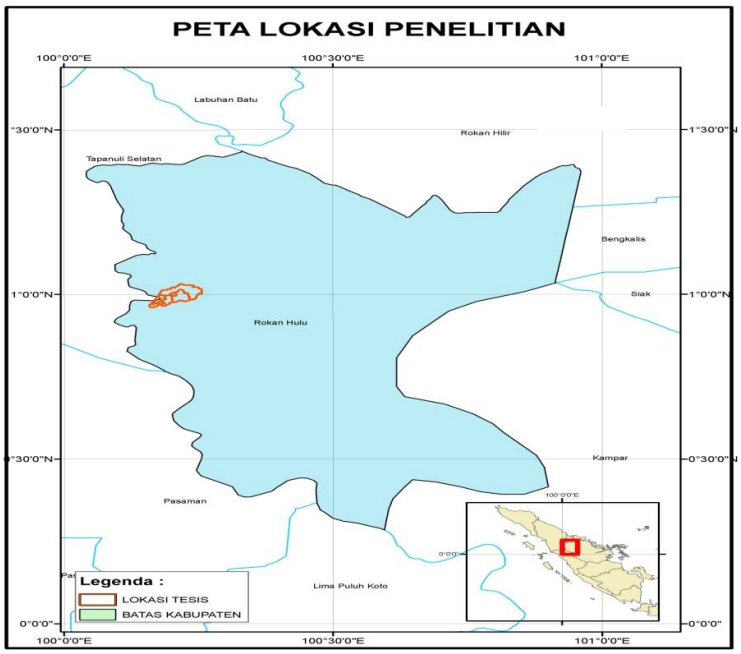
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Sub Sub Das Sipatak pada PT. Sumatera Sylva Lestari Desa Bangun Purba, Kecamatan Tambusai Kabupaten Rokan Hulu selama 4 (empat) bulan, yang merupakan zona ekologi hutan dataran rendah. Secara geografis lokasi ini terletak pada koordinat 00°56′00“ - 01°02′00“ LU dan 100°08′00” - 100°17′.00” BT.

Data yang dibutuhkan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peta lokasi penelitian skala 1:10.000 (topografi, tata guna lahan, tahun tanam dan jenis tanaman).
2. Peta kerja PT. Sumatera Sylva Lestari tahun 2011 skala 1:10.000.
3. Citra satelit tahun 2010 skala 1:25.000
4. Data curah hujan dan debit tahun 2005-2011 dari tiga stasiun hujan dan stasiun Pengamatan Arus Sungai (SPAS) yang berdekatan dengan lokasi penelitian.
5. Data hujan jam-jaman dan debit jam-jaman pada periode banjir, dari rekaman tiga stasiun hujan dan SPAS yang berdekatan dengan lokasi penelitian.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

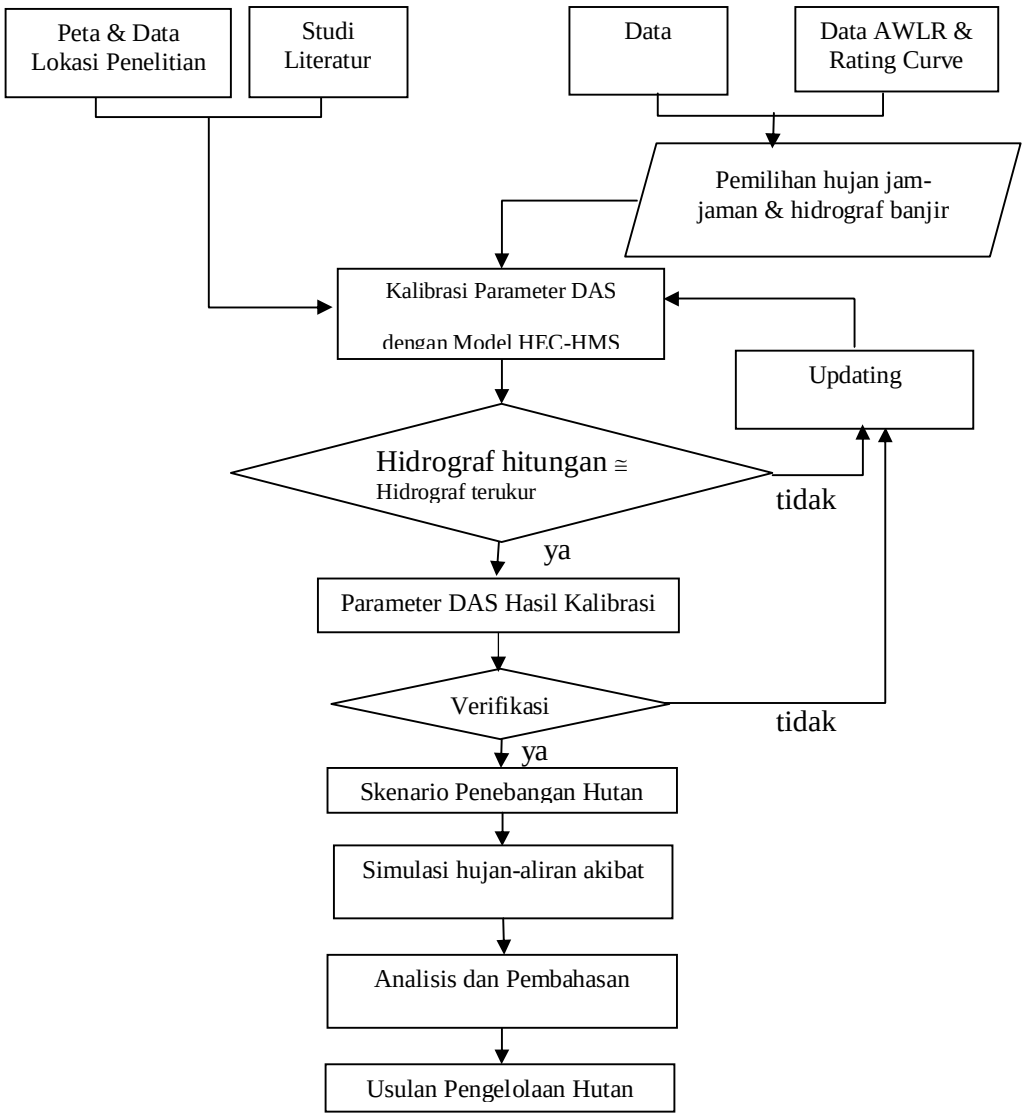
Pengumpulan Data dan Prosedur Penelitian

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Indragiri Rokan Riau, PT. Sumatera Sylva Lestari dan Studi literatur. Setelah menentukan lokasi studi, mengumpulkan data, peta dan informasi yang terkait, selanjutnya data, peta dan informasi tersebut dianalisis dan diolah dengan prosedur (Gambar 2).

Pengolahan Data

Secara singkat metode/cara/s*oftware* yang digunakan dalam pengolahan dan analisis data, peta dan informasi yang telah dikumpulkan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



Gambar 2. Bagan alir penelitian

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 1. Metode/cara/*software* untuk pengolahan dan analisis data peta dan informasi

No.	Pengolahan dan analisa	Metode/Cara/*Software*
1.	Analisis penutupan lahan dan *CN*	. AcrView GIS 3.3 . Tabel SCS *Curve Number*
2.	Hujan rata-rata DAS	. AcrView GIS 3.3 . Poligon Thiessen
3.	Hujan harian maksimum rancangan	Analisis frekuensi
4.	Hidrograf satuan	Collins
5.	Kalibrasi dan verifikasi parameter DAS	HEC-HMS 2.2.2
6.	Skenario Penebangan	Acrview GIS 3.3
7.	Simulasi hidrograf banjir	HEC-HMS 2.2.2

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Penutupan Lahan dan Curve Number

1. Penutupan lahan

***a.* Kondisi awal**

Berdasarkan hasil analisis peta kerja PT. Sumatera Sylva Lestari tahun 2011 skala 1:10.000 dan peta digital Rupa Bumi Indonesia tahun 2010 skala 1:25.000, luas Sub-sub DAS Sipatak 3.679.874,32 m^2. Kondisi penutupan lahan 92,36% berupa hutan akasia dan selebihnya vegetasi zona penyangga sungai, tanah kosong dan lahan dengan tujuan khusus, (Tabel 2.)

Tabel 2. Penutupan lahan Sub Sub DAS Sipatak pada kondisi awal

No	Jenis	Luas (m^2)	%
1	Akasia	3,398,880.65	92,36
2	Vegetasi zona penyangga sungai	201,868.13	5,49
3	Lahan dengan tujuan khusus	54,384.40	1,48
4	Tanah kosong	24,740.83	0,67
	Jumlah	3.679.874,32	100

Luas hutan akasia pada kondisi awal 3,398,880.65 m^2, dari luasan tersebut 92,36% berupa hutan akasia, dimana dari luasan tersebut yang telah masak tebang 2.925.166,97 m^2 dan sisanya 473.713,68 m^2 masih berumur di bawah 5 tahun.

***b.* Kondisi skenario**

Apabila penebangan dilakukan terhadap semua tanaman akasia yang telah masak tebang dengan skenario pola penebangan (Tabel 3.)

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 3. Penutupan lahan Sub-sub DAS Sipatak kondisi skenario

No	Jenis	Luas (m^2)			
		Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	Akasia	2.893.729,09	2.195.902,02	1.098.533,30	473.713,68
2	Vegetasi zona penyangga sungai	201.868,13	201.868,13	201.868,13	201.868,13
3	Lahan dengan tujuan khusus	54.384,40	54.384,40	54.384,40	54.384,40
4	Tanah Kosong	529.892,70	1227.719,77	2.325.088,49	2.949.908,11
	Jumlah	3.679.874,32	3.679.874,32	3.679.874,32	3.679.874,32

2. Curve number

Besarnya c*urve number* menunjukkan kondisi vegetasi dan hidrologi tanah pada sub-sub DAS Sipatak. Berdasarkan analisis spasial tanah di sub-sub DAS Sipatak sebagian besar berupa tanah kapur dengan permeabilitas tanah rendah dan mempunyai tingkat kelerengan 10,4%. Kondisi tanah yang kurang baik dan tingkat kelerengan tinggi tersebut menyebabkan persentase perubahan hujan-aliran menjadi tinggi, karena kemampuan untuk menahan air rendah dan kemampuan tanah untuk menampung air tanah juga kecil.

Kondisi vegetasi ditentukan oleh umur tanaman dan kerapatan tajuk. Tanaman yang berumur tua dan bertajuk rapat mempunyai kemampuan yang besar dalam menghambat aliran permukaan sehingga nilai CN-nya lebih kecil, sebaliknya tanaman yang berumur muda dan bertajuk kurang rapat kemampuan menghambat aliran permukaan kecil sehingga nilai CN-nya lebih besar.

Dari hasil analisis kondisi vegetasi dan lahan di Sub DAS Sipatak dapat diketahui nilai $CN_{Composite}$ adalah sebesar 78,55854.

Tabel 4. Data hasil analisis spasial sub-sub DAS Sipatak

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Luas	Km^2	3,68
2	*Impervious*	(%)	0,4026
3	$CN_{Composite}$		78,55854
4	S	mm	69,32578
5	Ia	mm	13,86516

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Kegiatan penebangan hutan dapat menyebabkan terjadinya peningkatan persentase hujan-aliran (CN). Peningkatan CN akibat penebangan hutan di sub-sub DAS Sipatak dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Peningkatan CN akibat penebangan hutan di Sub- Sub DAS Sipatak

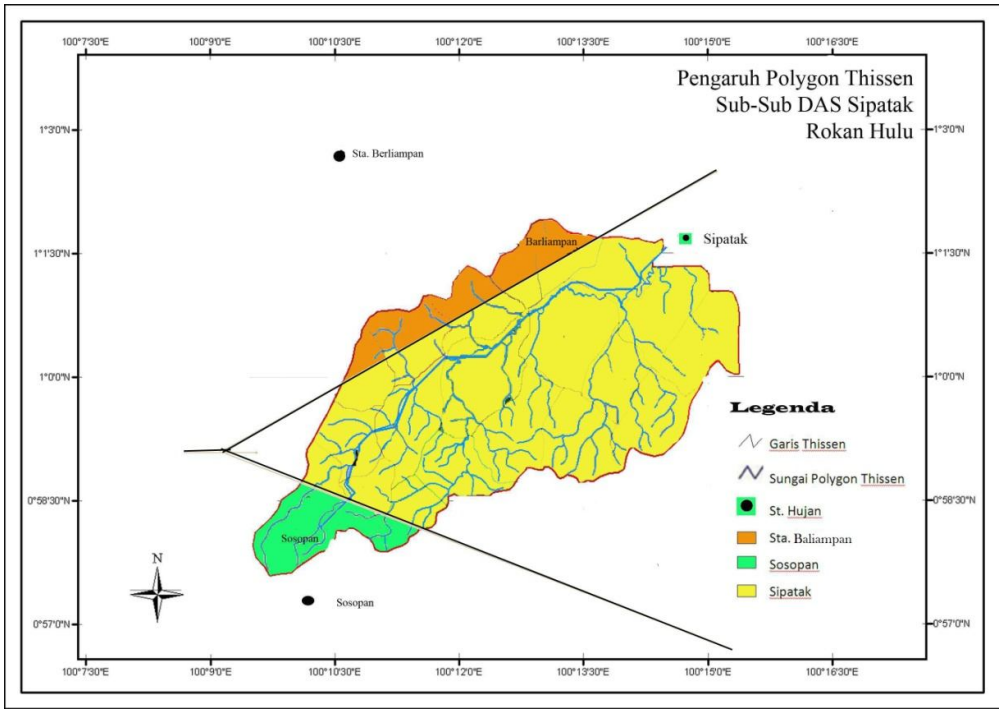
Keterangan	Awal	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Luas (m^2)	3.679.874,32	3.679.874,32	3.679.874,32	3.679.874,32	3.679.874,32
Impervious	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Luas tebangan (m^2)	0,00	505.151,56	1.202.978,63	2.300.347,35	2.925.166,97
Luas tebangan (%)	0,00	13,73	32,69	62,51	79,49
CN	78,56	80,02	81,71	83,49	84,83
Perubahan CN (%)	0,00	1,86	4,01	6,28	7,98
S	69,33	63,43	56,85	50,23	45,43
Ia	13,87	12,69	11,37	10,05	9,09

Berdasarkan hasil analisis spasial, apabila penebangan hutan dilakukan terhadap semua tanaman yang telah masak tebang maka persentase hujan-aliran (CN) meningkat menjadi 84,83 dan Ia berkurang menjadi 9,09 mm.

B. Analisis Data Hujan dan Debit

Kejadian hujan yang menghasilkan hidrograf banjir berupa *single peak hydrograph* terjadi pada tanggal 2 Februari 2005, 20 Februari 2005, 18 Januari 2006, 15 Februari 2007, 17 Maret 2007, 11 Januari 2008, 23 Februari 2009, 3 Maret 2009, 4 Maret 2009 dan 16 Desember 2010. Data hujan dikumpulkan dari tiga stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Sosopan, Sipatak dan Barliampan. Hujan rata-rata DAS dihitung dengan metode *poligon Thiessen*. Posisi dan *koefesien Thiessen* masing-masing stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 3.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



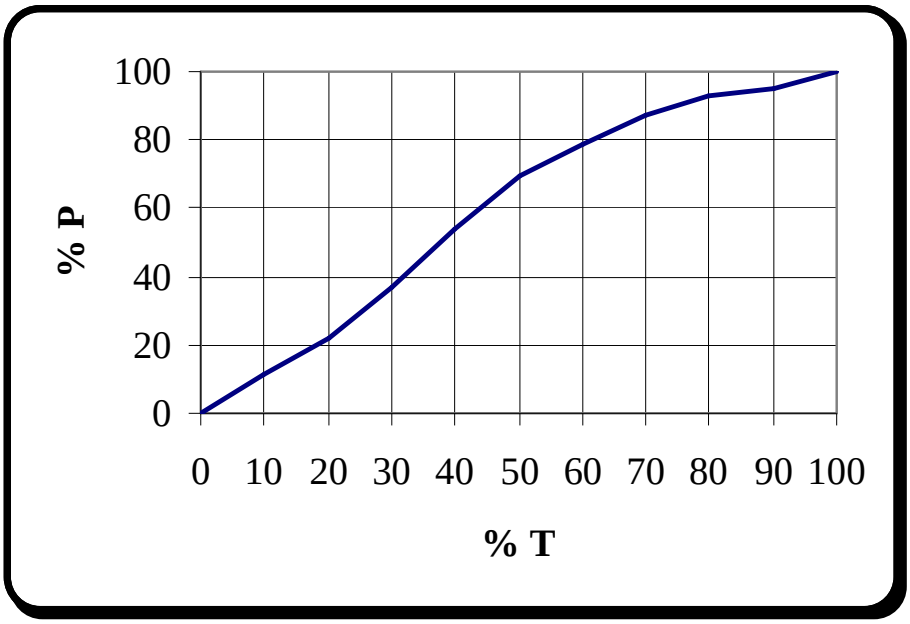
Gambar 3. Pengaruh poligon Thiessen pada Sub sub DAS Sipatak

Tabel 6. Faktor bobot Thiessen stasiun hujan di Sub DAS Sipatak

No.	Keterangan	Stasiun Hutan		
		Sosopan	Sipatak	Barliampan
1	Luas Pengaruh Thiessen (m^2)	45.000,06	3.419.284,01	215.590,25
2	Faktor bobot Thiessen	0,0122	0,9292	0,0586
	Luas DAS (m^2)		3.679.874,32	

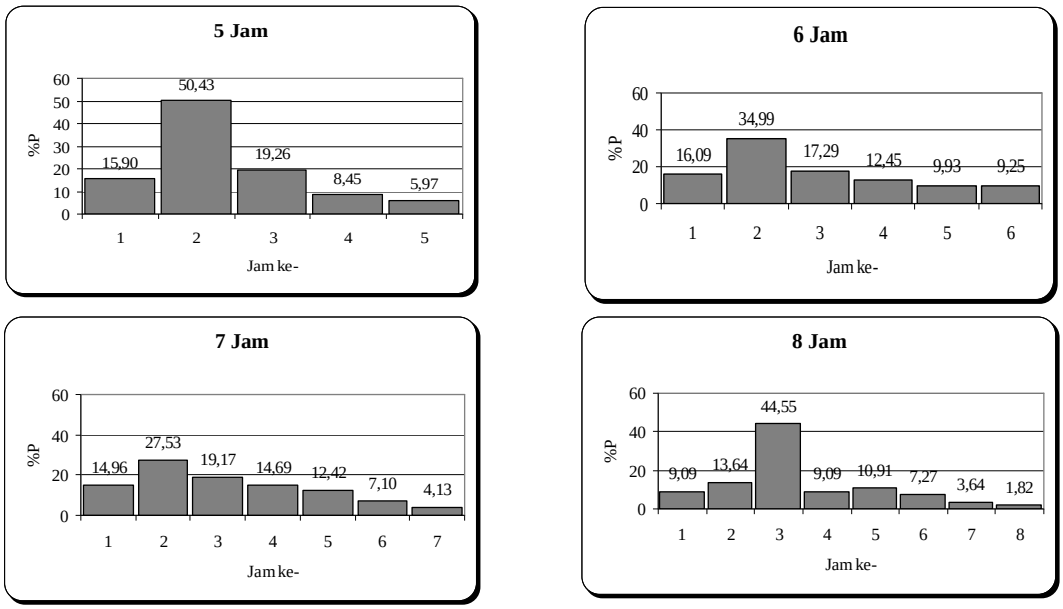
Berdasarkan pengamatan terhadap kejadian hujan terukur diperoleh kurva distribusi hujan terukur seperti Gambar 4.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



Gambar 4. Kurva distribusi hujan terukur pada rerata sub-sub DAS Sipatak

Pola distribusi hujan terukur untuk masing-masing lama hujan dengan persentase rata-rata tiap jam dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola Distribusi Hujan Terukur Sub-sub DAS Sipatak

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

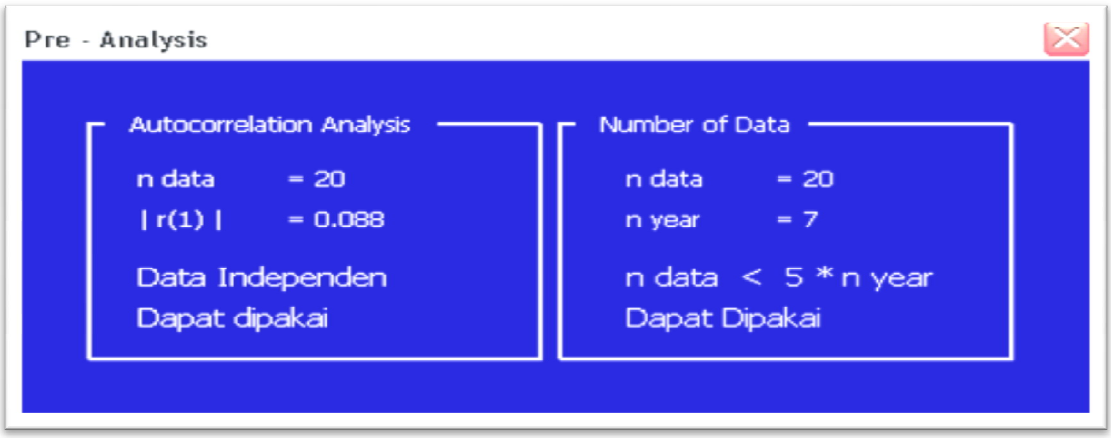
a. Hujan harian maksimum rancangan

Dari hujan rata-rata DAS yang telah diperoleh, ditetapkan batas bawah (*threshold*) sebesar 51,82 mm. Batas bawah tersebut ditetapkan untuk mendapatkan jumlah sampel tidak lebih besar dari lima kali panjang tahun data. Panjang tahun data dalam penelitian ini adalah 7 tahun (tahun 2005 s/d 2011), oleh karena itu jumlah sampel yang digunakan tidak boleh lebih dari 35 (5×7 tahun = 35) dan jumlah sampel yang diambil dalam tahun yang sama tidak lebih dari 5. Selanjutnya semua sampel hujan terpilih tersebut sebagai data dalam *partial series*. Berikut ini adalah seri data hujan terpilih yang digunakan dalam analisis frekuensi untuk mendapatkan hujan harian maksimum rancangan.

Tabel 7. Data hujan rata-rata DAS sebagai masukan dalam analisis frekuensi

No	Tanggal Kejadian	Hujan (mm)	No	Tanggal Kejadian	Hujan (mm)
1	06 Januari 2005	58,13	11	17 Nopember 2008	83,72
2	02 April 2005	51,83	12	27 Nopember 2008	83,78
3	14 Oktober 2005	68,27	13	12 Januari 2009	124,07
4	15 Oktober 2005	55,75	14	31 Januari 2009	121,27
5	20 Februari 2006	193,31	15	23 Februari 2010	60,67
6	03 Maret 2006	78,98	16	03 Maret 2010	104,86
7	05 Maret 2006	55,75	17	04 Maret 2010	89,47
8	24 Maret 2006	58,81	18	15 Desember 2011	92,26
9	18 Januari 2007	146,17	19	31 Januari 2011	70,52
10	15 Februari 2008	239,27	20	26 Desember 2011	51,82

Untuk mengetahui bahwa sampel yang digunakan benar-benar acak dan bebas, maka sebelum melakukan analisis frekuensi terlebih dahulu dilakukan *random test*. Analisa frekuensi dan *random test* dilakukan dengan alat bantu program perangkat lunak Havara.



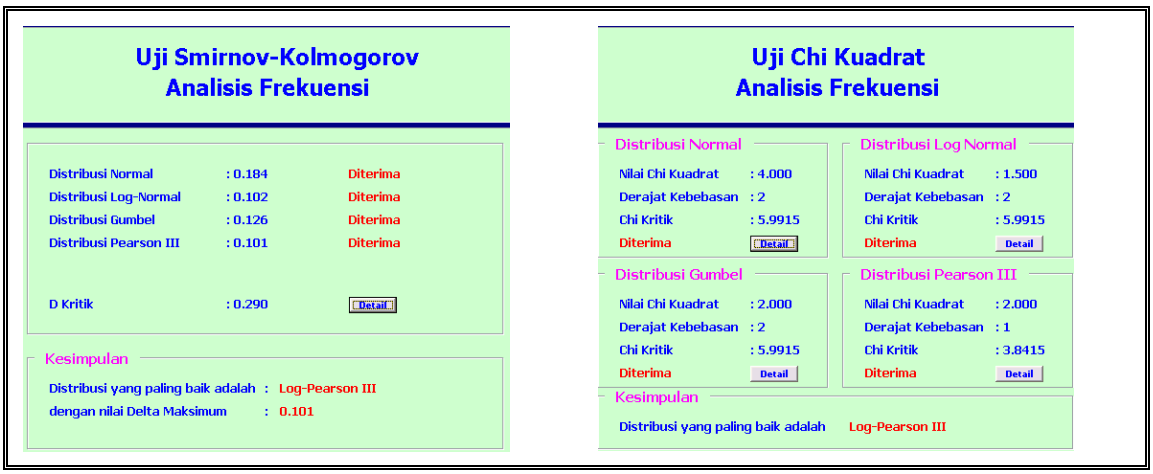
Gambar 6. Hasil uji *dependency* data dengan fasilitas *autocorrelation analysis*.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Hasil uji *dependency* data dengan fasilitas *autocorrelation analysis* diperoleh kesimpulan bahwa data tersebut benar-benar acak dan bebas, sehingga dapat dipakai. Parameter statistik dari data tersebut adalah sebagai berikut:

1. Jumlah data, n = 20
2. Rerata, $\bar{x}$ = 94,445
3. Simpangan baku, S = 49,891
4. Koef. Variasi, C_v = 0,528
5. Koef.Skewness, C_s = 1,762
6. Kurtosis, C_k = 3,003

Berdasarkan hasil Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi Kuadrat distribusi yang terbaik juga Log Person III seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi Kuadrat.

Oleh karena itu hujan harian maksimum rancangan yang dipakai adalah yang sesuai dengan distribusi Log Person III, yaitu sebagai berikut:

Tabel 8. Hujan harian maksimum rancangan hasil analisis frekuensi

No	Kala Ulang T (tahun)	Hujan (mm)
1	5	126,48
2	10	192,25

Dari hujan harian maksimum rancangan hasil analisis frekuensi dibuat distribusi hujan menurut pola distribusi hujan yang terjadi di sub-sub DAS Sipatak seperti pada Tabel 9.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 9. Distribusi hujan harian maksimum rancangan

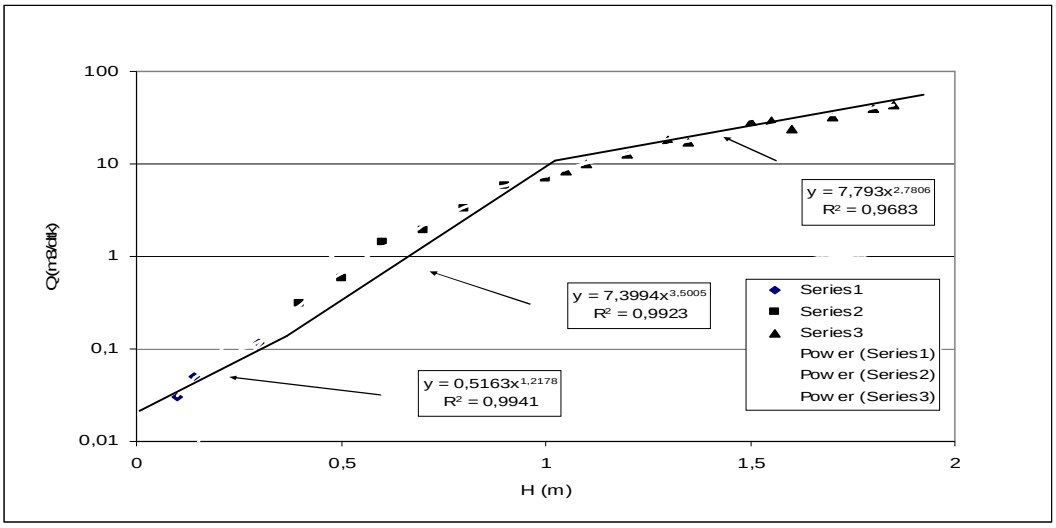
Jam Ke-	% P Komulatif	% P Jam-jaman	Hujan Rancangan (mm)	
			5 Tahun	126,48
			Komulatif	Jam-jaman
1	16,09	16,09	20,35	20,35
2	51,08	34,99	64,60	44,25
3	68,37	17,29	86,47	21,87
4	80,83	12,45	102,23	15,75
5	90,75	9,93	114,78	12,55
6	100,00	9,25	126,48	11,70
Jam Ke-	% P Komulatif	% P Jam-jaman	Hujan Rancangan (mm)	
			10 Tahun	192,25
			Komulatif	Jam-jaman
1	14,96	14,96	28,75	28,75
2	42,48	27,53	81,67	52,92
3	61,66	19,17	118,53	36,86
4	76,35	14,69	146,78	28,25
5	88,77	12,42	170,65	23,87
6	95,87	7,10	184,31	13,66
7	100,00	4,13	192,25	7,94

2. Analisis debit

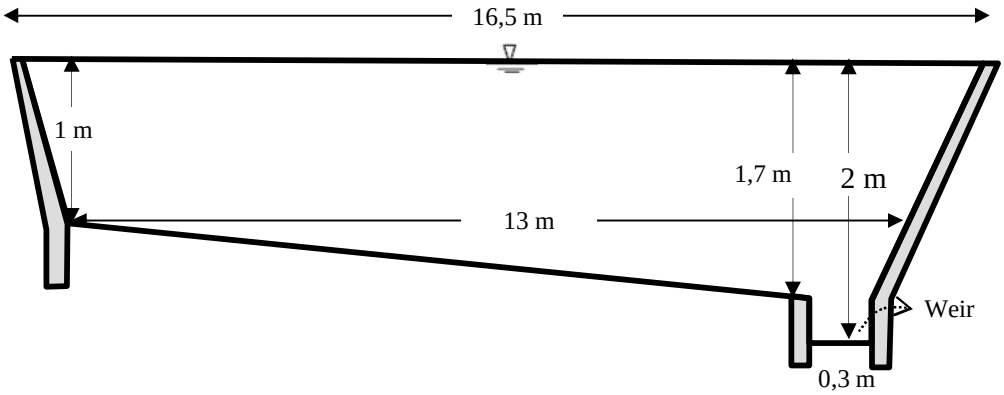
Berdasarkan rekaman AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) beberapa kasus hidrograf tunggal terjadi pada tanggal 20 Februari 2006, 18 Januari 2007, 15 Februari 2008, 3 Maret 2010 dan 4 maret 2010. Untuk mengkonversi hidrograf tinggi muka air menjadi debit aliran digunakan persamaan lengkung aliran (*rating curve)*.

Untuk lebih jelasnya mengenai lengkung aliran dan penampang lintang SPAS Sipatak dapat dilihat pada Gambar 8.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



Gambar 8. *Rating curve* SPAS Sub -Sub DAS Sipatak.



Gambar 9. Penampang melintang SPAS Sipatak.

Memperhatikan bentuk penampang melintang SPAS Sipatak, maka persamaan lengkung aliran pada ketinggian yang berbeda disesuaikan dengan bentuk penampangnya seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Persamaan lengkung aliran untuk masing-masing ketinggian

No.	Ketinggian (m)	Bentuk Penampang	Persamaan
1.	0-0,3	Bujur sangkar	$Q = 0{,}5163\ H^{1{,}2178}$
2.	0,3-1,0	Trapesium pertama	$Q = 7{,}3994\ H^{3{,}5005}$
3.	1,0 – 2	Trapesium kedua	$Q = 7{,}7930\ H^{2{,}7806}$

dengan : Q = Debit aliran (m^3/dt),
H = Tinggi muka air (m).

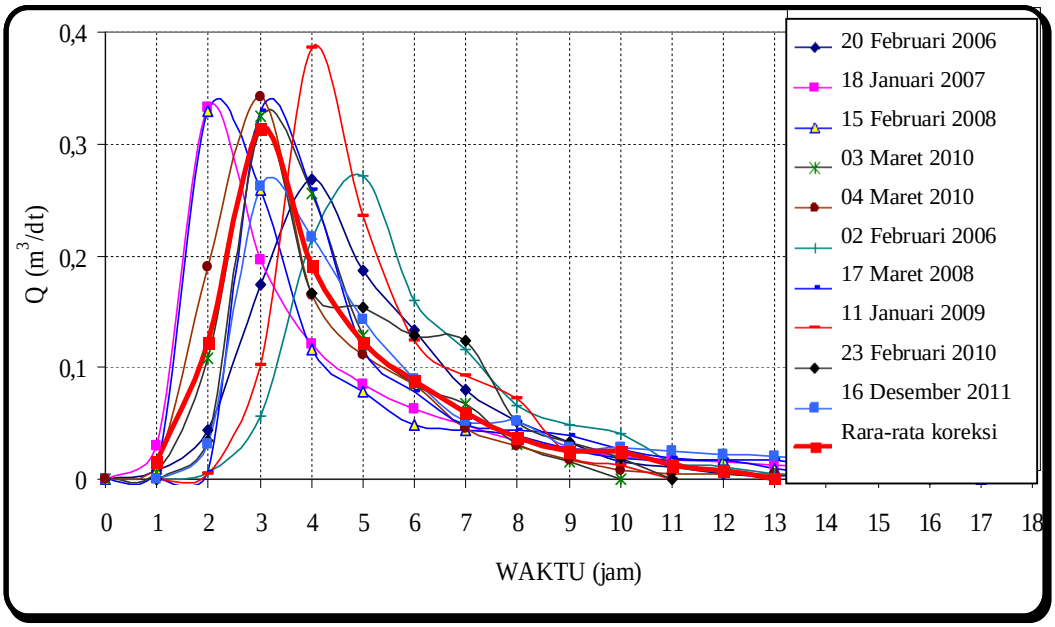
© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Berdasarkan penampang tersebut dapat diketahui tinggi muka air maksimum yang dapat dialirkan di titik kontrol (SPAS Sipatak) adalah 2,00 m. Dengan persamaan 5.3, maka debit puncak banjir maksimum yang dapat dialirkan adalah 53,55 m^3/dt, selanjutnya debit ini dijadikan acuan sebagai batas maksimum sehingga diharapkan tidak terjadinya banjir di Sungai Sipatak.

Selanjutnya untuk keperluan analisis hidrograf satuan, beberapa kasus hidrograf tunggal yang telah disebutkan terdahulu dipasangkan dengan kasus hujan terkait.

C. Analisis Hidrograf-Satuan

Dari pasangan data hujan dan debit terpilih, diturunkan hidrograf satuannya dengan cara Collins. Hasil hidrograf-satuan rata-rata dan hidrograf-satuan rata-rata dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hidrograf-satuan dan hidrograf-satuan rata-rata dari 10 kejadian banjir.

D. Kalibrasi dan Verifikasi Parameter DAS

a. Masukan proses kalibrasi

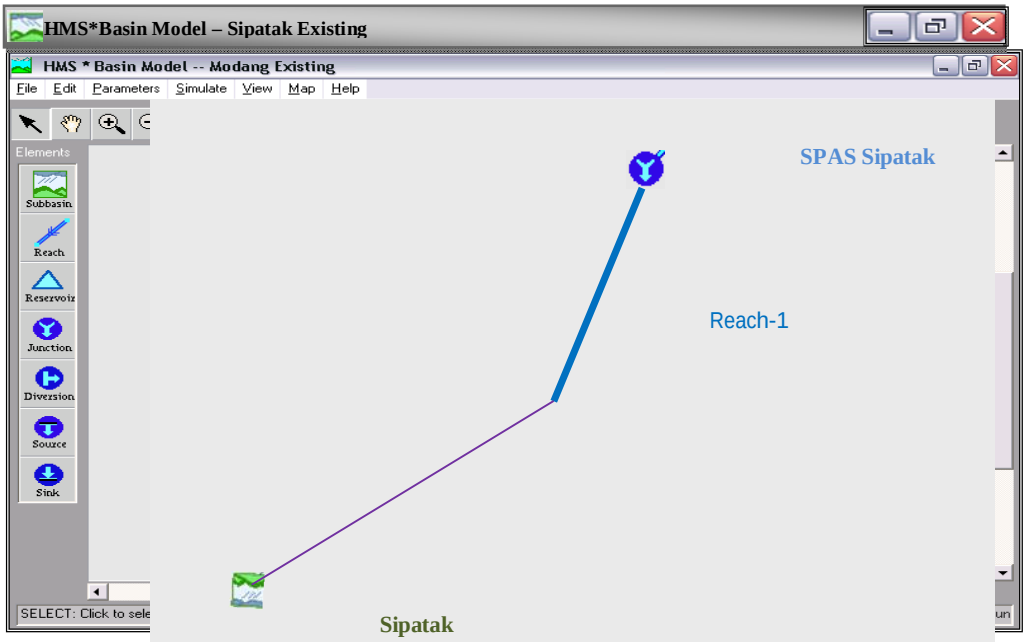
Masukan nilai awal parameter DAS dalam proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 11.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 11. Masukan nilai awal proses kalibrasi parameter Sub DAS Sipatak

No.	Parameter	Metode	Satuan	Angka Awal	Keterangan
1	*Loss rate* :	*SCS Curve Number*			
	1. Initial loss		mm	13.86516	Hasil analisis kondisi penutupan lahan dan *curve number*
	2. SCS Curve Number		-	78.55854	
	3. Impervious		(%)	0.67234	
2	*Trasnform*	*User-specified UH*		UH Rerata	Hidrograf-satuan rata-rata dari 10 kejadian banjir
3	*Baseflow Method*	*Recession*			Pasangan data debit dan hujan jam-jaman tanggal 20 Februari 2006
	1. Initial Q		m^3/s	0.008	
	2. Recession constant		-	0.000011	
	3. Threshhold		-	0.246853	

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan CN terhadap hidrograf terhitung, maka nilai CN dan Ia dalam proses optimasi dikunci (*lock*). Nilai Ia dihitung secara manual dengan persamaan 2.5.*Basin model* yang digunakan dalam proses kalibrasi parameter DAS dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. *Basin model* Sub-Sub DAS Sipatak.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Optimasi dilakukan beberapa kali hingga diperoleh parameter DAS yang optimal, yang ditandai dengan kemiripan hidrograf terukur dengan hidrograf terhitung dan nilai *fuction value* yang minimal.

b. Hasil kalibrasi

Hasil kalibrasi parameter DAS Sipatak dan perbedaan volume dan debit puncak hasil simulasi dan observasi serta besarnya *function value* dapat dilihat pada Tabel 12 dan 13, sedangkan kemiripan hidrograf terukur terhadap hidrograf terhitung dapat dilihat pada Gambar 12.

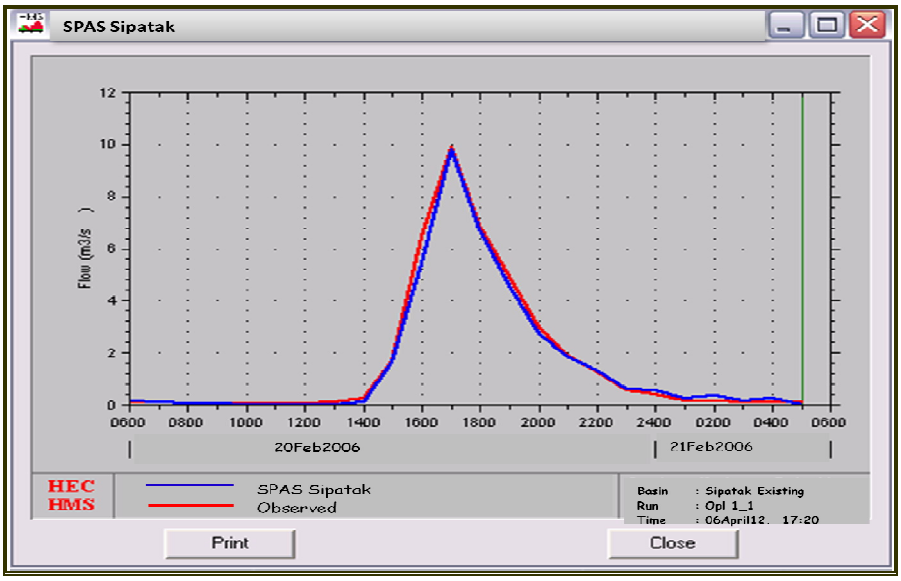
Tabel 12. Hasil kalibrasi parameter Sub DAS Sipatak

Elemen Hidrologi	Parameter	Satuan	Lock	Angka Inisial	Batasan		Nilai Optimasi
					Minimal	Maksimal	
Sipatak	*Initial Abstraction*	mm	√	13,86516	0,001	500	
Sipatak	*Curve Number*	n/a	√	78,55854	35	99	
Sipatak	*Initial Baseflow*	cms		0,008	0,001	100000	0,0489
Sipatak	*Recession Constant*	n/a		0,00001	0,00001	1	0,00001
Sipatak	*Recession Threshold Ratio*	n/a		0,0001	0,0001	1	0,00015
Reach-1	*Muskingum K*	hr		0,016	0,001	150	0,016
Reach-1	*Muskingum x*	n/a		0,001	0,001	0,5	0,001
Reach-1	*Number of Steps*	n/a		1	1	100	1

Tabel 13. Perbedaan volume, debit puncak dan *function value* hasil kalibrasi

Besaran Hasil Kalibrasi	Volume (×1000 m3)	Debit Puncak (m^3/dt)	Waktu Puncak (Tgl, Jam)
Simulasi	134,40	99,771	20 Feb 2006, 17:00
Observasi	132,1	99,031	20 Feb 2006, 17:00
Perbedaan	2,27	0,0740	0:00
Persentase Perbedaan	1,72	0,75	
Function value		0,310	

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



Gambar 12. Hasil kalibrasi hidrograf terukur terhadap hidrograf terhitung.

Dari hasil kalibrasi tersebut di atas dapat diketahui bahwa hidrograf hasil hitungan sudah mirip dengan hidrograf terukur dan besaran *function value* yang didapat 0,31%. Perbedaan debit puncak terukur dengan terhitung sebesar 0,75%, sedangkan perbedaan volume terukur dengan terhitung sebesar 1,72% masih dalam batas toleransi yaitu ≤ 10 %, sehingga parameter yang didapat dianggap mewakili perilaku Sub-Sub Das Sipatak.

1. Verifikasi parameter DAS

a. Masukan proses verifikasi

Meskipun parameter hasil kalibrasi sudah memenuhi ketentuan, untuk menguji keabsahannya perlu dilakukan verifikasi dengan menggunakan data hujan dan debit yang lain. Data hujan dan debit dimaksud adalah kejadian banjir pada tanggal 18 Januari 2007, 15 Februari 2008, 3 Maret 2010 dan 4 Maret 2010.

b. Hasil verifikasi

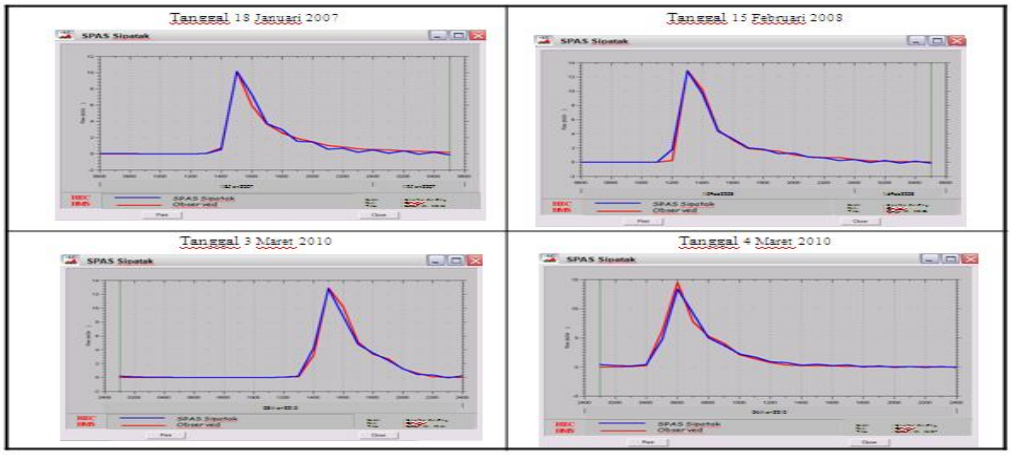
Kesesuaian parameter hasil kalibrasi dapat diketahui dari besarnya perbedaan volume dan debit puncak serta *function value* pada proses verifikasi seperti Tabel 14.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 14. Perbedaan volume, debit puncak dan *function value* hasil verifikasi

No.	Kejadian	Besaran				*Function value*
		Simulasi	Observasi	Perbedaan	% Perbedaan	
1	18 Januari 2007					
	a. Volume	111.45	108.00	3.45	3.19	0.499
	b. Debit Puncak	10.161	10.158	0.00	0.03	
2	15 Februari 2008					
	a. Volume	146.14	139.00	7.14	5.14	0,27
	b. Debit Puncak	12.854	12.938	0.08	0.65	
3	3 Maret 2010					
	a. Volume	141.89	137.40	4.49	3.27	0,51
	b. Debit Puncak	12.798	12.938	0.14	1.08	
4	4 Maret 2010					
	a. Volume	164.49	152.20	12.29	8.07	0,76
	b. Debit Puncak	13.911	14.493	0.582	4.02	

Hasil verifikasi menunjukkan perbedaan volume dan debit puncak serta besaran *function value* masih dalam batas toleransi yaitu ≤ 10 %, yang berarti nilai parameter hasil kalibrasi telah sesuai dengan perilaku parameter Sub DAS Sipatak dan dapat digunakan. Disamping perbedaan volume, debit puncak dan *function value* dapat juga dapat dilihat dari kemiripan hidrograf terhitung (warna biru) dengan hidrograf terukur (warna merah) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 13.



Gambar 13. Hasil verifikasi hidrograf terukur terhadap hidrograf terhitung.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

E. Skenario Pola Penebangan Hutan

1. Kriteria penetapan pola penebangan hutan

Secara komersial, hasil hutan yang paling utama adalah kayu. Penebangan hutan yang mempertimbangkan dampak negatif terhadap lingkungan memerlukan perencanaan yang baik, dimana prioritas penebangan hutan diberikan secara lebih terhadap pertimbangan ekologi. Mengingat akasia selain digunakan untuk produksi kayu juga dimanfaatkan sebagai pelindung tanah maka penebangan hutan akasia disamping memberikan produksi kayu, juga menimbulkan dampak kondisi hidrologi berupa peningkatan laju aliran permukaan karena hilangnya vegetasi penutup tanah. Penebangan hutan akasia yang dilakukan oleh pihak perusahan PT. Sumatera Sylva Lestari lebih banyak didasarkan pada aspek komersial dan kurang memperhatikan aspek hidrologi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam penebangan hutan akasia di PT. Sumatera Sylva Lestari adalah sebagai berikut:

a. Umur tanaman dan letak tebangan

Penetapan daur dan teknologi pemanfaatan akasia menunjukan bahwa tegakan jenis ini dapat di panen mulai umur 4 – 10 tahun untuk bahan baku pulp kertas. Sedangkan hasil pengukuran riap pada permanen sample plot di areal hutan tanaman PT. Sumatera Sylva Lestari menunjukan bahwa umur 5-6 tahun dapat dilakukan pemanenan. Berdasarkan hasil penelitian teknlogi pengelolaan pulp kertas, bahwa bahan baku jenis akasia dapat digunakan pada umur 4 tahun, akan tetapi dilihat dari volume hasil tegakan per hektar masih terkecil (102,934 m3/ha). Sedangkan pada umur 5 tahun volumenya cukup besar yaitu 151, 205 m3/ha. Berdasarkan analisis finansial yang telah dilakukan oleh unit management PT. Sumatera Sylva Lestari nilai IRR tertinggi diperoleh pada umur akasia 5 tahun.

Letak petak-petak tebangan yang tersebar dalam jarak yang cukup jauh menjadi pertimbangan dalam kegiatan penebangan hutan akasia. Mengenai berapa jarak maksimum yang masih bisa ditoleransi belum ada ketentuan yang pasti, namun demikian dapat dijelaskan bahwa hal ini berkaitan dengan biaya pengangkutan, perpindahan sarana prasarana penebangan dengan jumlah produksi kayu yang akan diperoleh. Apabila harus berpindah-pindah dari satu petak tebang ke petak tebang yang lain dalam jarak yang cukup jauh akan memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit apalagi jika produksi kayu yang dihasilkan tidak sebanding dengan biaya eksploitasi dan transportasi yang dikeluarkan. Dalam hal seperti ini pihak perusahaan akan menunda penebangan sambil menunggu hingga tanaman di petak tebang lain yang berdekatan telah masak tebang.

b. Sarana prasarana

Kegiatan penebangan hutan memerlukan sarana prasarana seperti pondok kerja (*camp*), peralatan tebang seperti gergaji mesin (*chain saw*), gancu, parang, tambang, excavator, kendaraan pengangkut kayu dan sebagainya yang dapat membantu kelancaran dalam eksploitasi hutan. Keberadaan dan kondisi sarana prasarana tersebut menjadi pertimbangan dalam kelancaran eksploitasi hutan.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

c. Aksesibilitas

Kemudahan dalam aksesibilitas sangat tergantung dari kondisi jalan, jembatan, jarak petak tebang dari TPK. Ketiga hal tersebut akan sangat menentukan kelancaran dalam pengangkutan produksi kayu hasil tebangan dari petak tebang ke TPK. Dari keempat hal di atas, yang paling menonjol menjadi pertimbangan adalah umur tanaman, dikarenakan umur tanaman sangat menentukan keuntungan nilai ekonomis. Untuk sarana prasarana umumnya pihak PT. Sumatera Sylva Lestari telah tersedia dengan baik, demikian juga dengan aksesibilitas umumnya jalan dan jembatan sudah dibangun sejak lama dan dalam kondisi baik. Oleh karena itu meskipun keberadan petak-petak tebang tersebar, akan tetap mudah diakses.

2. Penetapan pola penebangan hutan

Skenario pola penebangan hutan dibuat untuk mengetahui pengaruh penebangan hutan terhadap karakteristik hidrograf banjir. Memperhatikan hal-hal tersebut di atas maka skenario pola penebangan dibuat dengan asumsi bahwa tanaman yang ditebang lebih dititikberatkan pada pertimbangan umur tanaman. Kondisi penutupan lahan dan luas masing-masing kelas umur tanaman akasia yang ada di Sub –Sub DAS Sipatak dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Kondisi penutupan lahan dan luas masing-masing kelas umur tanaman akasia yang ada di Sub DAS Sipatak

No.	Jenis penutupan	Tahun tanam	Umur	Luas (m^2)
1	Akasia	2009	I	320.245,79
		2008	II	449.426,70
		2007	III	24.286,98
		2006	IV	624.819,62
		2005	V	777.122,93
		2004	VI	697.827,07
		2003	VII	505.151,56
2	Vegetasi zona penyangga sungai			201.868,13
3	Lahan dengan tujuan khusus			54.384,40
4	Tanah kosong			24.741,14
	Jumlah			3.679.874,32

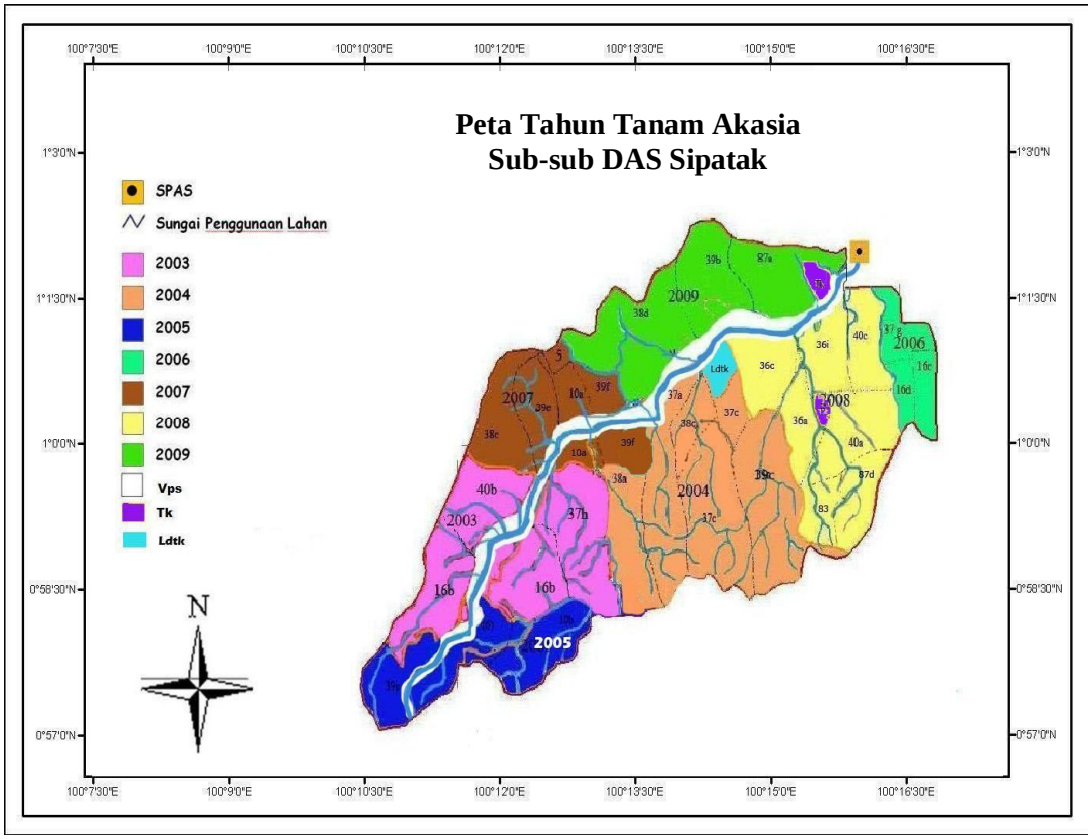
Memperhatikan hal-hal di atas maka skenario pola penebangan dibuat sebanyak empat skenario dengan kriteria seperti pada Tabel 16.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 16. Skenario pola penebangan tanaman akasia di Sub-sub DAS Sipatak

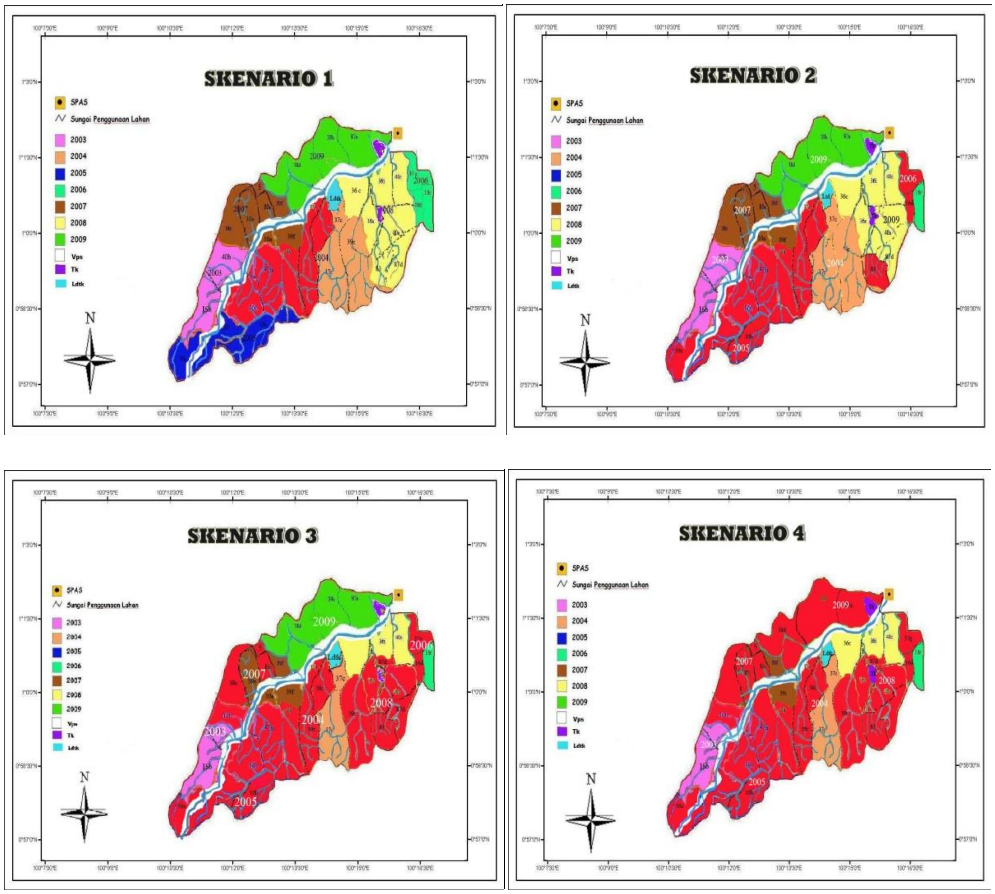
No	Skenario	Tahun Tanam	Umur Tanaman
1	Pertama	2003-2004	> 5
2	Kedua	2005-2006	> 5
3	Ketiga	2007-2008	> 5
4	Keempat	2009-2010	4

Peta kondisi awal dan masing-masing skenario pola penebangan tanaman akasia di Sub-sub DAS Sipatak dan pola penebangan tanaman Akasia di Sub-sub DAS Sipatak dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Peta kondisi awal tanaman akasia berdasarkan tahun tanam.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



Gambar 15. Peta skenario pola penebangan tanaman akasia.

F. Simulasi Hidrograf Banjir

1. Masukan model

Data yang digunakan sebagai masukan dalam simulasi hidrograf banjir adalah hidrograf-satuan rata-rata dari 5 kejadian banjir, nilai parameter DAS hasil kalibrasi yang telah verifikasi, data skenario pola penebangan hutan dan hujan harian maksimum rancangan hasil analisis frekuensi. Simulasi dilakukan pada setiap skenario pola penebangan hutan untuk setiap hujan harian maksimum rancangan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Dengan demikian simulasi hujan-aliran dilakukan sebanyak 10 kali, yaitu kombinasi dari kondisi awal dan 4 skenario pola penebangan hutan dengan 2 skenario hujan harian maksimum rancangan.

2. Keluaran model

Secara umum berdasarkan hasil simulasi hidrograf banjir, penebangan hutan dapat menyebabkan kenaikan debit puncak dan volume banjir. Kenaikan debit puncak dan volume

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

banjir tersebut bervariasi tergantung dari luasan hutan yang ditebang dan besarnya masukan (hujan) yang terjadi.

Hal ini dapat dijelaskan bahwa kegiatan penebangan hutan menyebabkan perubahan kondisi penutupan lahan dan perubahan kondisi hidrologi tanah, dimana dengan adanya kegiatan penebangan hutan tersebut lahan yang semula tertutup tanaman akasia menjadi lahan terbuka dan kondisi hidrologi tanah semakin jelek dan padat sehingga akan memperbesar limpasan permukaan yang berpengaruh terhadap debit puncak dan volume banjir.

Besarnya perubahan debit puncak dan volume banjir yang terjadi akibat penebangan hutan tersebut dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Debit puncak hasil simulasi hujan-aliran

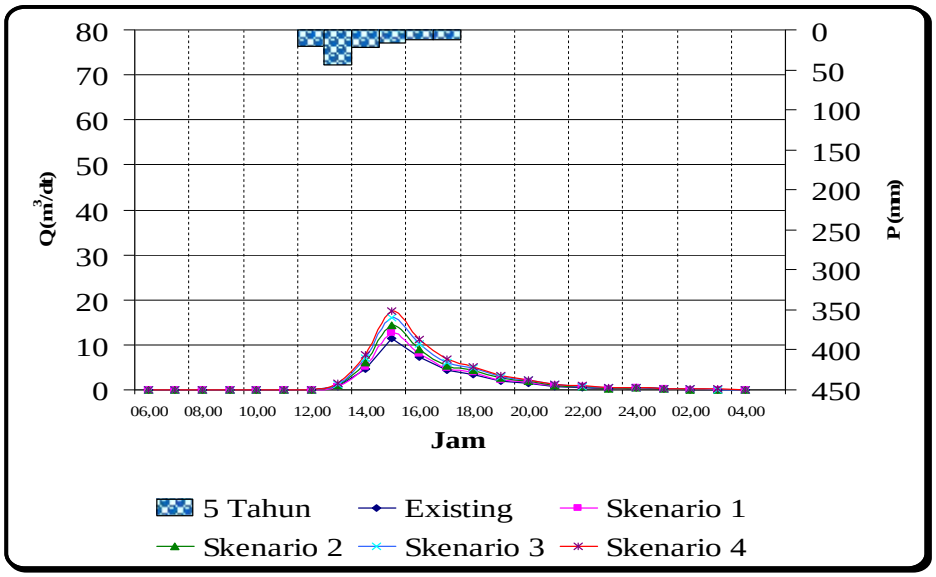
No	Skenario Penebangan	Luas Tebangan		Hujan Harian Maksimum Rancangan (mm)			
				P_5 =	126,48	P_{10} =	192,25
		(m^2)	%	Qp (m^3/dt)	%	Qp (m^3/dt)	%
1	Awal	0,00	0,00	11,44		32,83	6,309
2	Skenario1	505.151,56	13,73	12,70	10,999	34,90	13,883
3	Skenario2	1.202.978,63	32,69	14,26	24,666	37,38	
4	Skenario3	2.144.716,66	58,28	16,02	40,072	40,08	22,090
5	Skenario4	2.769.536,28	75,26	17,44	52,488	42,17	28,463

Tabel 18. Volume banjir hasil simulasi hujan-aliran

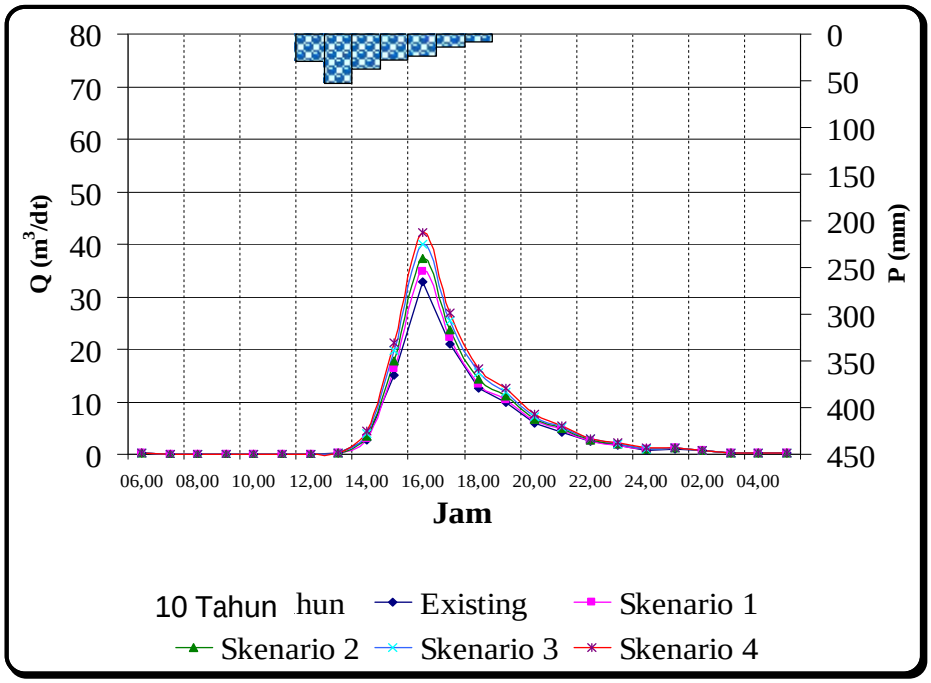
No	Skenario Penebangan	Luas Tebangan		Hujan Harian Maksimum Rancangan			
				P5 =	190,82	**P10 =**	**328,02**
		(m^2)	%	Q (×1000 m^3)	%	**Q (×1000 m^3)**	**%**
1	Awal	0	0	38,37	0	**112,02**	**0**
2	Skenario1	505.151,56	13,73	42,69	11,256	**119,54**	**6,716**
3	Skenario2	1.202.978,63	32,69	48,12	25,406	**128,66**	**14,854**
4	Skenario3	2.144.716,66	58,28	54,32	41,552	**138,65**	**23,777**
5	Skenario4	2.769.536,28	75,26	59,37	54,717	**146,50**	**30,780**

Untuk lebih jelasnya mengenai debit puncak dan volume banjir akibat penebangan hutan tersebut dapat dilihat pada Gambar 16.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



Gambar 16. Simulasi hidrograf banjir akibat P_5.



Gambar 17. Simulasi hidrograf banjir akibat P_{10}.

Dari hasil simulasi hidrograf banjir akibat penebangan hutan tersebut dapat diketahui bahwa waktu terjadinya debit puncak tidak mengalami perubahan, hal ini disebabkan karena model *direct runoff* menggunakan metode *user specified unit hyetograph*, dimana hidrograf-limpasan-langsung diperoleh dari perkalian hujan efektif dengan hidrograf-satuan dengan

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

prinsip superposisi (penjumlahan) dan asas linieritas hubungan hujan dan aliran dalam sistem DAS. Memperhatikan kondisi penampang pada SPAS Sipatak, debit puncak maksimum yang dapat ditampung dan dialirkan adalah 53,55 m^3/dt, berdasarkan hasil simulasi penebangan hutan dengan skenario pertama dan kedua berturut-turut seluas 13,73% dan 32,69% tidak menimbulkan banjir pada Sungai Sipatak untuk hujan dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, karena debit puncak maksimum yang ditimbulkan sebesar 51,27 m^3/dt, masih di bawah debit puncak maksimum yang dapat ditampung dan dialirkan.

Penebangan hutan yang lebih luas seperti skenario tiga dan empat berturut-turut seluas 58,28% dan 75,26% tidak menimbulkan banjir untuk hujan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.

G. Pola Penebangan Hutan untuk Pengendalian Banjir

Memperhatikan hasil simulasi tersebut di atas untuk menghindari terjadinya banjir di Sungai Sipatak, maka luas hutan maksimum yang boleh ditebang adalah seluas 1.202.978,63 m^2 atau 32,69% dari luas areal.

Selanjutnya sebagai upaya pengelolaan Sub sub DAS Sipatak yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penebangan hutan yang tidak menimbulkan banjir di Sungai Sipatak. Upaya tersebut dapat ditempuh dengan melakukan penebangan hutan dengan luas tidak lebih dari 32,69%. Untuk memenuhi luasan tersebut maka penebangan hutan dilakukan secara bertahap.

Tabel 19. Tahapan penebangan hutan untuk pengendalian banjir

No	Tahap Penebangan	Umur Tanaman akasia	Luas (Ha)	%
1	Tahap 1	> 5 tahun	120,30	32,69
2	Tahap 2	4-5 tahun	109,74	29,89
3	Tahap 3	3-4 tahun	62,49	1698

Penebangan secara bertahap ini dilakukan dengan memperhatikan kondisi penutupan lahan, dimana penebangan tahap kedua dilakukan setelah lokasi bekas penebangan tahap pertama telah ditanami kembali dan kerapatan tajuknya telah kembali seperti semula. Demikian juga untuk tahap berikutnya. Dari tahapan tersebut dapat diketahui luasan hutan yang ditebang tidak lebih dari 32,69%, sehingga diharapkan tidak menimbulkan banjir di Sungai Sipatak

KESIMPULAN

Penebangan hutan tanaman akasia di Sub-Sub DAS Sipatak menyebabkan peningkatan prosentase transformasi hujan-aliran. Hal ini ditandai dengan kenaikan nilai CN yang semula 78,559 setelah dilakukan penebangan meningkat sampai 83,49.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Peningkatan nilai CN tersebut akan menaikkan debit puncak sebesar 10,932% hingga 51,988% dan volume banjir 11,287% hingga 54,947% dari kondisi awal apabila tidak dilakukan penebangan. Waktu terjadinya debit puncak tidak mengalami perubahan, karena model *direct runoff* yang digunakan adalah metode *user specified unit hyetograph*.

Penebangan hutan seluas 13,73% hingga 32,69% tidak menimbulkan banjir pada Sungai Sipatak untuk hujan dengan kala ulang 5 tahun 10 tahun. Penebangan hutan seluas 58,28% hingga 75,26% tidak menimbulkan banjir untuk hujan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Untuk menghindari terjadinya banjir di Sungai Sipatak , maka luas hutan maksimum yang boleh ditebang adalah seluas 1.202.978,63 m^2 atau 32,69% dari luas areal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Sumatera Sylva Lestari yang telah memberi izin dalam pelaksanaan penelitian ini, dan kepada semua pihak yang telah membantu atas terlaksananya penelitian ini di lapangan.

.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Hariadi. 2003. Pembangunan Hutan Tanaman Industri, dari Pelajaran di Masa Lalu untuk Langkah ke Depan. Jakarta.

Wulan. 2005. Penebangan Hutan Berakibat Banjir. Majalah Kehutanan. Vol 35 Hal. 21-23.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau