

## Analisis Dampak Perubahan Tata Guna Lahan DAS Siak Bagian Hulu Terhadap Debit Banjir

Junius Nainggolan<sup>1)</sup>, Yohanna Lilis H<sup>2)</sup>, Sigit Sutikno<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, <sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

E-mail : junius.abadi@gmail.com

### ABSTRACT

*Historical data discharge in Upper Siak watershed is increase event caused by the land use change. This study aims to analyze the effect of land use change on the flood discharge in Upper Siak watershed. This Study analyze flood discharge by using HEC-HMS (Hydrologic Engineering Centre-Hydrologic Modelling System) software with input data models in the form of daily rainfall data, land use maps of 2003 and 2012 and soil type maps. The result showed that there is significant changes in land use on land farming with increase of 28,8 %, meanwhile there is changes in land use on forest with reduction to 34,4 %. Peak flood on 25-year return period increase to 13,3 m<sup>3</sup>/s (5.9 %) and peak flood on the 50-year return period increase of 14,1 m<sup>3</sup>/s (6.1 %).*

*Keywords: land use change, flood discharge, HEC-HMS*

### 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan di wilayah DAS Siak bagian hulu sebagian besar merupakan kawasan budidaya dalam bentuk peruntukan perkebunan besar, kawasan hutan produksi, kawasan perkebunan rakyat, kawasan permukiman, kawasan pertanian lahan kering, kawasan pertanian lahan basah dan sebagian kecil kawasan Hutan lindung. Hampir sama dengan provinsi-provinsi lainnya di Sumatera, industri yang berbahan baku kayu secara intensif telah merusak hutan di Provinsi Riau terutama di DAS Siak. Demikian pula usaha-usaha perkebunan, telah mengkonversi lahan cukup luas dari hutan menjadi lahan-lahan perkebunan.

Semakin banyaknya eksploitasi besar-besaran terhadap penggunaan lahan di DAS Siak bagian hulu ini, maka masalah yang akan timbul adalah semakin meningkatnya aliran permukaan akibat alih fungsi lahan, sehingga berpengaruh terhadap besarnya

debit puncak pada outlet DAS. Alih fungsi lahan juga menyebabkan terjadinya perubahan struktur tanah akibat adanya pengelolaan manusia, sehingga mempengaruhi kemampuan infiltrasi tanah. Apabila tidak dilakukan penanganan terhadap tata kelola penggunaan lahan dengan serius maka akan menyebabkan peningkatan debit puncak setiap tahunnya, sehingga daerah di bagian tengah dan hilir akan berpotensi terkena dampak banjir.

Salah satu model transformasi hujan menjadi aliran adalah model HEC-HMS. Model ini merupakan model hidrologi numerik yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre (HEC)* dari *US Army Corps Of Engineers*. Struktur pembangun model HEC-HMS terdiri dari enam komponen, antara lain model hujan, model volume limpasan, model limpasan langsung, model aliran dasar, model penelusuran aliran dan model *water-control measure* yang meliputi *diversions* dan *storage*

*facilities*. Masing-masing komponen model tersebut didukung oleh beberapa metode perhitungan yang dapat dipilih dan ditentukan oleh *user* berdasarkan ketersediaan data simulasi pada suatu DAS.

Penentuan metode yang akan digunakan dalam pemodelan ini disesuaikan pada kecocokan penerapan metode terhadap karakteristik tata guna lahan DAS. Untuk penentuan *precipitation loss* dan *precipitation excess* pada penelitian ini akan digunakan metode *Soil Conservation Service (SCS) Curve Number*.

Model limpasan langsung di dalam model HEC-HMS mengikuti prinsip hidrograf satuan dengan asumsi sebagai berikut : hujan terjadi merata diseluruh DAS (*evenly distributed*) dan intensitas tetap pada setiap interval waktu (*constant intensity*), hujan terjadi kapanpun tidak berpengaruh pada proses transformasi hujan menjadi debit atau hidrograf (*time invariant*), (Tunas, 2005).

Hidrograf SCS dapat digunakan dengan mudah, parameter utama yang dibutuhkan adalah waktu *lag* yaitu tenggang waktu (*time lag*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air. Waktu lag didapat sama dengan 0,6 kali waktu konsentrasi. Parameter tersebut dibutuhkan untuk menghitung puncak dan waktu hidrograf, secara otomatis model SCS akan membentuk ordinat-ordinat untuk puncak hidrograf dan fungsi waktu.

Dua komponen utama penyusun hidrograf aliran di saluran (sungai) adalah limpasan langsung dan aliran dasar (*base flow*). Aliran dasar

merupakan aliran yang berasal dari air tanah dan selalu tersedia setiap saat.

Pada penelitian ini akan digunakan model resesi eksponensial (*exponential recession model*). Parameter yang digunakan dalam model resesi ini adalah *Initial Flow*, *Recession Ratio*, dan *Threshold Flow*. *Initial Flow* merupakan nilai aliran dasar awal yang dapat dihitung atau dari data observasi.

Parameter yang diperlukan untuk penelusuran banjir adalah travel time dan faktor pembobot. Trave time (K) atau waktu tempuh aliran dari titik inlet sampai outlet sekitar 0 sampai 100, ditentukan melalui hubungan antara kecepatan aliran dengan panjang sungai. Faktor pembobot (X) dalam metode ini berkisar antara 0 sampai 0,5 dengan rata-rata 0,2 untuk aliran alami.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi studi kasus penelitian ini berada di Sub DAS Siak bagian hulu, stasiun AWLR Pantai Cermin Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.

Dalam penelitian ini digunakan curah hujan harian pada stasiun hujan Petapahan pada tahun 2000-2012. Selain itu penelitian ini juga menggunakan data debit sungai harian di stasiun AWLR Pantai Cermin pada tahun 1990 - 2012. Data debit harian ini diperoleh dari Balai Wilayah Sumatra III Provinsi Riau.

Dalam penelitian ini analisis tata guna lahan menggunakan peta tata guna lahan di DAS Siak Bagian Hulu Tahun 2003 Dan Tahun 2012. Untuk penentuan jenis tanah menggunakan peta jenis tanah DAS Siak Bagian Hulu. Peta ini diperoleh dari Balai Pengelolaan Daerah Sungai Siak Kementerian Kehutanan. Pengolahan dan analisis data menggunakan analisis hidrologi.

Pada awal tahapan analisis hidrologi ini ditentukan curah hujan harian maksimum dan debit harian maksimum dengan distribusi statistik.. Setelah itu dilakukan uji kesesuaian distribusi, berupa uji Chi – Kuadrat dan Uji Smirnov – Kolmogorov. Untuk mendapatkan tinggi hujan jam-jaman yaitu dengan distribusi tinggi hujan jam-jaman dengan rumus Dr. Mononobe.

Data tata guna lahan didapat dengan menganalisis luasan area dan klasifikasi penggunaan lahan dari peta penggunaan lahan yang diolah dengan menggunakan program berbasis GIS. Debit banjir rencana dapat diperoleh setelah seluruh data diinput menggunakan program HEC-HMS. Hasil analisis menggunakan program HEC-HMS ini bertujuan untuk membandingkan debit banjir rencana dengan debit lapangan dari data debit sungai harian dan menganalisis perubahan penggunaan lahan terhadap debit banjir

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Hidrologi

Penetapan seri data curah hujan harian maksimum stasiun hujan Petapahan yang akan digunakan dalam analisis frekuensi diperoleh dengan metode *maximum annual series* (data maksimum tahunan).

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1	2000	63
2	2001	160
3	2002	120
4	2003	110
5	2004	120
6	2005	99
7	2006	95
8	2007	120
9	2008	167

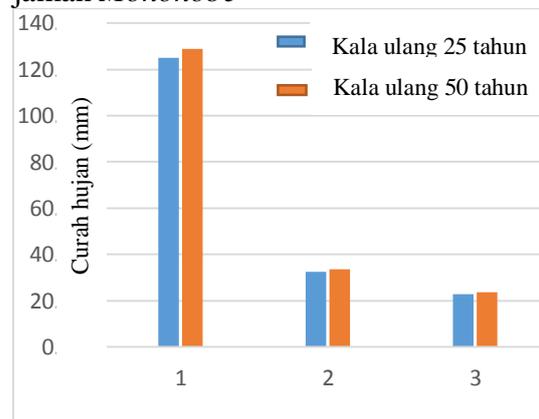
10	2009	160.4
11	2010	164.2
12	2011	147.2
13	2012	150

Berdasarkan analisis frekuensi dari data curah hujan harian stasiun Petapahan selama 12 tahun diatas maka distribusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah distribusi log person III. Hasil dari tinggi hujan harian yang diperoleh dari distribusi log person III ini akan diubah kedalam hujan jam-jaman dengan menggunakan metode *Mononobe* dengan asumsi hujan terjadi selama 3, 12 dan 18 jam.

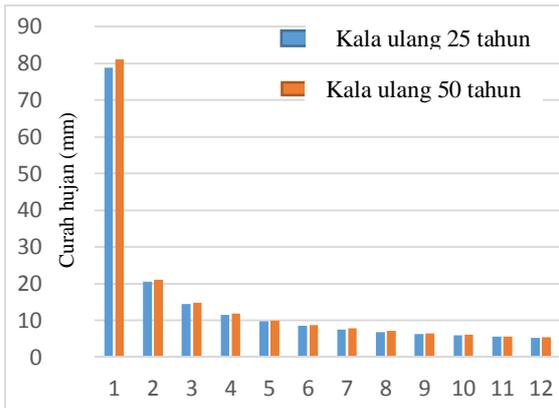
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Kala ulang	Nilai K	Log X <sub>T</sub>	X <sub>T</sub> (mm)
2	0.186	2.118	131.369
5	0.846	2.200	158.371
10	1.098	2.231	170.074
25	1.306	2.256	180.397
50	1.412	2.269	185.860
100	1.489	2.279	189.984

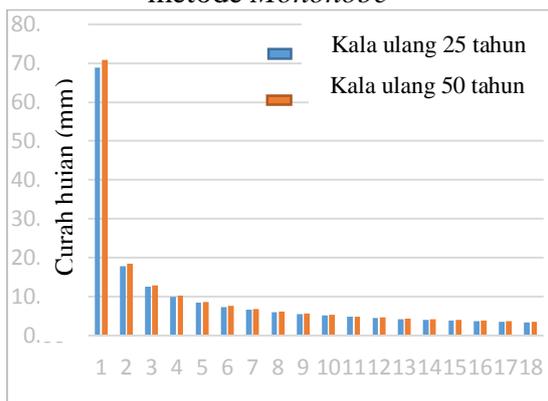
Persentase distribusi curah hujan jam-jaman *Mononobe*



Gambar 4.1 Pola distribusi hujan kala ulang 25 dan 50 tahun durasi 3 jam metode *Mononobe*



Gambar 4.2 Pola distribusi hujan kala ulang 25 dan 50 tahun durasi 12 jam metode *Mononobe*



Gambar 4.3 Pola distribusi hujan kala ulang 25 dan 50 tahun durasi 18 jam metode *Mononobe*

### 3.2 Analisis Debit Banjir Lapangan

Tabel 4.3 Debit Banjir Untuk Berbagai Kala Ulang Berdasarkan Analisis Statistik AWLR Tahun 1990-2012

Kala ulang	Nilai K	Log $X_T$	$X_T$ (m <sup>3</sup> /det)
2	0.105	2.275	188.488
5	0.857	2.298	198.663
10	1.194	2.308	203.402
25	1.514	2.318	208.000
50	1.699	2.324	210.722
100	1.854	2.328	213.004

### 3.3 Analisis Debit Banjir Rencana Dengan Menggunakan Program HEC-HMS

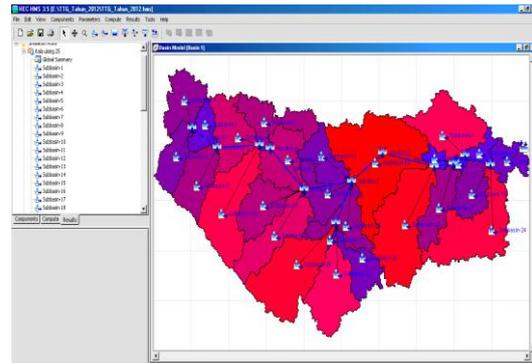
#### 3.3.1 Input Parameter HEC-HMS

Parameter - parameter yang diperlukan dalam penelitian ini adalah

berupa data karakteristik DAS yang akan diteliti yaitu DAS Siak bagian hulu.

#### a. Basin Model

*Basin model* tersusun atas gambaran fisik daerah tangkapan air dan sungai. Elemen-elemen hidrologi berhubungan dengan jaringan yang mensimulasikan proses limpasan permukaan (*run off*). Adapun elemen-elemen yang digunakan untuk mensimulasikan limpasan adalah *subbasin, junction, reach* dan *sink*



Gambar 4.4 Basin model pada program HEC-HMS

#### b. Precipitation

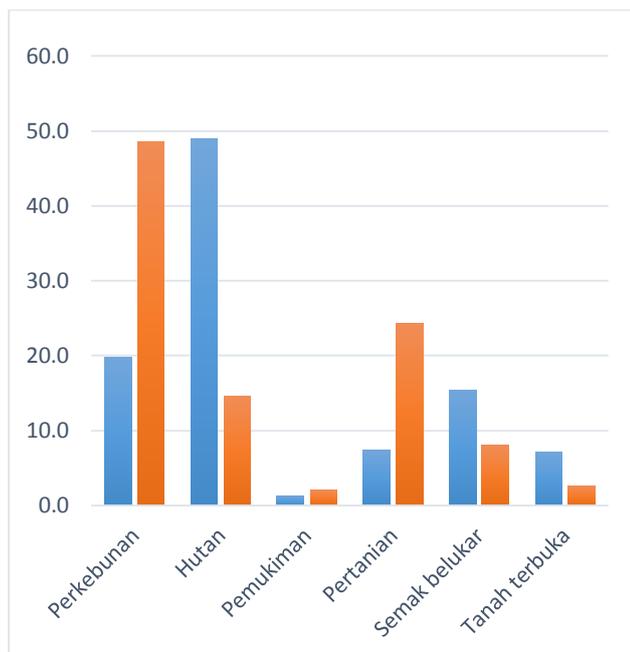
Data hujan jam-jaman yang digunakan pada program ini yaitu menggunakan hujan dengan durasi 3 jam, 12 jam dan 18 jam

#### c. Loss Model

*SCS Curve Number (CN)* terdiri dari beberapa parameter yang harus diinput yaitu *initial loss* atau infiltrasi awal, *SCS Curve Number*, dan *impervious* (kekedapan air). *Impervious area* dari suatu DAS adalah luasan dari DAS dimana semua kontribusi dari presipitasi akan menjadi limpasan langsung tanpa mengalami infiltrasi, evaporasi ataupun bentuk kehilangan air lainnya (USACE 2001).

Tabel 4.4 Tata guna lahan tahun 2003 dan 2012

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)				Selisih
		2003	%	2012	%	
1	Perkebunan	32195.4	19.8	79187.6	48.6	28.8
2	Hutan	79773.4	49	23653.7	14.5	-34.4
3	Pemukiman	2076.7	1.3	3350.1	2.1	0.8
4	Pertanian	12078.5	7.4	39521.3	24.3	16.8
5	Semak belukar	25121.9	15.4	13052.9	8	-7.4
6	Tanah terbuka	11702.7	7.2	4183	2.6	-4.6
Jumlah		162948.5	100	162948.5	100	



Gambar 4.5 Grafik perbedaan antara tata guna lahan tahun 2003 dan 2012

Nilai CN dan *impervious* masing-masing di dapatkan dengan penyesuaian berdasarkan jenis tata guna lahan dan jenis tanah.

Tabel 4.5 Nilai CN dan *Imperviousness* Tahun 2003

Sub Basin	CN	<i>Imperviousness</i> Komposit (%)
1	67.449	3.890
2	66.940	1.455
3	59.123	1.288
4	61.069	1.837
5	65.274	2.472
6	63.725	2.111
7	73.310	1.865
8	73.525	5.000

9	75.669	2.155
10	74.872	1.813
11	75.095	3.807
12	60.690	0.955
13	61.831	2.400
14	58.109	2.404
15	70.511	3.109
16	66.817	2.273
17	67.802	3.976
18	71.412	4.082
19	66.180	2.722
20	64.554	2.009
21	67.146	2.792
22	69.384	2.997
23	64.736	2.410
24	75.297	6.237
25	70.677	3.141
26	76.404	3.394
27	74.454	3.184

Tabel 4.6 Nilai CN dan *Imperviousness* Tahun 2012

Sub Basin	CN	<i>Imperviousness</i> Komposit (%)
1	70.982	5.150
2	75.298	4.405
3	74.312	5.529
4	73.859	5.468
5	71.000	5.000
6	69.806	3.228
7	78.091	7.269
8	74.575	5.000
9	76.970	5.008
10	77.846	5.000
11	75.288	5.000
12	68.517	5.000
13	65.334	3.914
14	68.818	4.318
15	68.064	4.420
16	71.006	5.018
17	69.046	6.412
18	69.871	5.798
19	70.687	3.476
20	64.326	2.509
21	70.951	3.670
22	61.979	4.616
23	70.948	3.482

Tabel 4.6 (Lanjutan)

Sub Basin	CN	Imperviousness Komposit (%)
24	78.140	8.640
25	70.364	4.908
26	66.166	4.242
27	74.056	4.746

#### d. Transform

Pada pemodel ini menggunakan nilai  $T_c$  dan  $t_{lag}$  sebagai berikut ini :

Tabel 4.7 Nilai  $T_c$  dan  $t_{lag}$ 

Sub Basin	Luas (Km <sup>2</sup> )	$T_c$ (Jam)	$T_{lag}$ (Jam)	$T_{lag}$ (menit)
1	48.549	2.800	1.680	100.811
2	43.627	2.680	1.608	96.488
3	26.709	2.192	1.315	78.905
4	47.581	2.777	1.666	99.983
5	59.757	3.049	1.830	109.773
6	57.677	3.005	1.803	108.190
7	90.008	3.607	2.164	129.847
8	6.040	1.192	0.715	42.895
9	16.155	1.784	1.070	64.207
10	45.438	2.725	1.635	98.112
11	31.588	2.348	1.409	84.524
12	10.839	1.514	0.909	54.516
13	184.553	4.842	2.905	174.296
14	46.055	2.740	1.644	98.655
15	44.745	2.708	1.625	97.495
16	65.674	3.170	1.902	114.106
17	53.400	2.912	1.747	104.826
18	51.941	2.879	1.727	103.642
19	111.602	3.939	2.364	141.815
20	53.681	2.918	1.751	105.052
21	78.178	3.404	2.043	122.558
22	2.374	0.812	0.487	29.249
23	128.714	4.177	2.506	150.357
24	101.476	3.789	2.273	136.391
25	40.224	2.592	1.555	93.329
26	104.530	3.835	2.301	138.060
27	78.373	3.408	2.045	122.683

#### e. Aliran Dasar (Base Flow)

Aliran dasar ( $Q_b$ ) dapat diperoleh yaitu:

$$Q_b = 3,5358 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Dengan parameter *recession ratio* ( $k$ ) digunakan nilai 0,95 ini didasarkan pada penelitian Nathan and Mc Mahon (1990) yang menentukan nilai  $k$  sebesar 0,93-0,995 untuk aliran dasar.

#### f. Penelusuran Banjir (*Stream Routing*)

Kombinasi  $K$  dan  $X$  pada parameter ini harus dipilih tepat dan jatuh pada batas yang tergradasi dengan nilai  $x$  sebesar 0,5 dan dengan perkiraan nilai  $k$  sebesar 9 jam.

#### 3.3.2 Hasil Debit Banjir Rencana dari Program HEC-HMS

Hasil pada program HEC-HMS berupa data debit *outflow*. *Outflow* debit puncak dengan input data hujan jam-jaman durasi 3 jam pada bagian *oulet* DAS dapat dilihat pada Tabel 4.8, debit puncak dengan input data hujan jam-jaman durasi 12 jam pada Tabel 4.9 dan debit puncak dengan input data hujan jam-jaman durasi 18 jam pada Tabel 4.10.

Tabel 4.8 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana dari HEC-HMS dengan input data hujan jam-jaman durasi 3 jam

Kala Ulang	$Q_p$ HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)		Selisih $Q_p$ HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)
	2003	2012	
25 Tahun	394.1	427.2	33.1
50 Tahun	407.5	441.9	34.4

Tabel 4.9 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana dari HEC-HMS dengan input data hujan jam-jaman durasi 12 jam

Kala Ulang	$Q_p$ HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)		Selisih $Q_p$ HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)
	2003	2012	
25 Tahun	239.5	256.2	16.7
50 Tahun	248.8	264.5	15.7

Tabel 4.10 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana dari HEC-HMS dengan input data hujan jam-jaman durasi 18 jam

Kala Ulang	Qp HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)		Selisih Qp HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)
	2003	2012	
25 Tahun	209.7	223	13.3
50 Tahun	215.8	229.9	14.1

### 3.4 Selisih Hasil Simulasi Debit Banjir Rencana Dengan Debit Lapangan

Selisih *Standard Error* (SE) dari hasil debit lapangan dan debit rencana dengan kala ulang 25 dan 50 tahun pada peta *landuse* 2003 dan 2012 dengan input data hujan jam-jaman durasi 3 jam dapat dilihat pada Tabel 4.11, nilai *Standard Error* (SE) dengan input data hujan jam-jaman durasi 12 jam dapat dilihat pada Tabel 4.12, dan nilai *Standard Error* (SE) dengan input data hujan jam-jaman durasi 18 jam dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.11 Nilai *Standard Error* Debit Lapangan dan Debit Rencana dengan input data hujan jam-jaman durasi 3 jam.

Kala Ulang	Qobs (m <sup>3</sup> /det)	Qcal (m <sup>3</sup> /det)		<i>Standard Error</i> (SE) %	
		2003	2012	2003	2012
25	208.0	394.1	427.2	89.4	105.3
50	210.7	407.5	441.9	93.3	109.7

Nilai selisih *Standard Error* (SE) sebesar 89.47 % dan 105.38% pada kala ulang 25 tahun dan nilai SE kala ulang 50 tahun yaitu 93.38% dan 109.71%, hal menunjukkan bahwa selisih debit perhitungan dengan debit terukur dikategorikan masih buruk karena nilai SE > 5 %.

Tabel 4.12 Nilai *Standard Error* Debit Lapangan dan Debit Rencana dengan input data hujan jam-jaman durasi 12 jam.

Kala Ulang	Qobs (m <sup>3</sup> /det)	Qcal (m <sup>3</sup> /det)		<i>Standard Error</i> (SE) %	
		2003	2012	2003	2012
25	208.0	239.5	256.2	15.1	23.7
50	210.7	246.8	264.5	17.1	25.5

Nilai selisih *Standard Error* (SE) sebesar 15.14% dan 23.17% pada kala ulang 25 tahun dan nilai SE kala ulang 50 tahun yaitu 17.12% dan 25.52%, hal menunjukkan bahwa selisih debit perhitungan dengan debit terukur dikategorikan masih buruk karena nilai SE > 5 %.

Tabel 4.13 Nilai *Standard Error* Debit Lapangan dan Debit Rencana dengan input data hujan jam-jaman durasi 18 jam

Kala Ulang	Qobs (m <sup>3</sup> /det)	Qcal (m <sup>3</sup> /det)		<i>Standard Error</i> (SE) %	
		2003	2012	2003	2012
25	208.0	209.7	223.0	0.8	7.2
50	210.7	215.8	229.9	2.4	9.1

Nilai selisih *Standard Error* (SE) sebesar 0.81 % dan 2.41 % pada kala ulang 25 tahun menunjukkan bahwa selisih debit perhitungan dengan debit terukur dikategorikan baik karena nilai SE < 5 % sedangkan selisih nilai SE kala ulang 50 tahun > 5 % yaitu 7.21 % dan 9.10 % masih dikategorikan cukup baik karena masih dikisaran 5 %.

### 3.5 Peningkatan Debit Puncak Banjir Akibat Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan

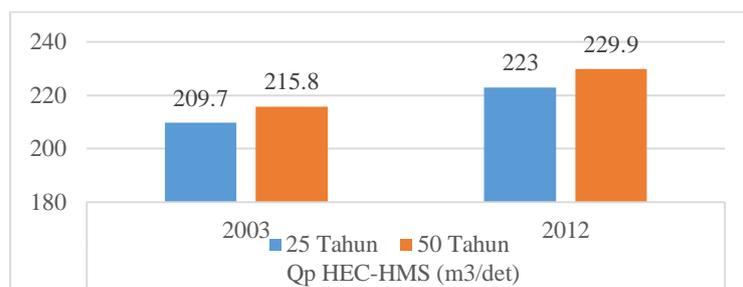
Berdasarkan hasil program HEC-HMS dari peta *landuse* pada tahun 2003 dan 2012, diperoleh bahwa terjadinya peningkatan persentase debit puncak banjir kala ulang 25 dan 50 tahun.

Peningkatan debit puncak banjir terjadi nilai CN dan *Imperviouss* pada tahun 2003 lebih kecil dari pada tahun 2012. Perubahan debit puncak banjir dengan nilai *Standard Error* (SE) < 5% yaitu

pada hasil *outflow* dengan *input* data hujan jam-jaman durasi 18 jam dapat dilihat pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14 Peningkatan Debit Puncak Banjir Akibat Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan

Kala Ulang	Qp HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)		Peningkatan Qp HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)	Persentase (%)
	2003	2012		
25 Tahun	209.7	223	13.3	5.96
50 Tahun	215.8	229.9	14.1	6.13



Gambar 4.6 Peningkatan Debit Puncak Banjir

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit banjir di sub DAS Siak bagian hulu ini menghasilkan kesimpulan yaitu :

1. Berdasarkan hasil analisa tata guna lahan, penggunaan lahan yang mengalami perubahan secara dominan yaitu pada perkebunan sebesar 28,8 % dan hutan sebesar 34,4 %.
2. Berdasarkan hasil program HEC-HMS dari peta *landuse* 2003 dan 2012, diperoleh peningkatan persentase debit puncak banjir kala ulang 25 dan 50 tahun dengan input data hujan jam-jaman durasi 18 jam sebesar 5,96 % dan 6,13 %.
3. Nilai *Standard Error* (SE) hidrograf debit puncak yang mendekati debit puncak observasi yaitu dengan input data hujan jam-jaman durasi 18 jam.

Koreksi nilai selisih *standard error* (SE) pada tahun 2003 dengan kala ulang 25 tahun sebesar 0.817 % dan SE kala ulang 50 tahun sebesar 2.410 % sedangkan selisih *standard error* (SE) pada tahun 2012 dengan kala ulang 25 tahun sebesar 7.211 % dan SE kala ulang 50 tahun sebesar 9.101 %. Hasil ini dikategorikan cukup baik karena masih berkisaran 5 %.

### 4.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan perhitungan dan analisis dalam penelitian ini adalah :

1. Bagi mahasiswa yang ingin melakukan analisis dengan menggunakan pemodelan HEC-HMS ini untuk selanjutnya, sebaiknya melakukan kalibrasi pemodelan dengan menginput data debit sungai jam-jaman kedalam program HEC-HMS . Hal ini bertujuan untuk mengetahui hasil keandalan pemodelan program dengan nilai

- debit AWLR yang ada dilapangan secara baik.
2. Sebelum *running* hasil program selalu memperhatikan nilai parameter model yang akan diinput dengan teliti karena akan berpengaruh terhadap nilai *output* dari debit puncak yang
  3. akan diperoleh, sehingga akan menimalisir *trial & error* dari nilai parameter model.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Gufriyon, E. S. 2014. “*Analisa Hujan-Debit Pada Daerah Aliran Sungai Menggunakan Program Bantu HEC-HMS*”. Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Firdaus. 2014. “*Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Banjir Di Sub DAS Kampar Kiri*”. Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Hendry, A & Inda. “*Pemodelan Penelusuran Banjir Dengan Metode Muskinghum*”. Jurnal *Staff Dosen dan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau*.
- Rumbia, W.A. 2008 . *Proyeksi Penduduk Berlipat Ganda Di kota Bau-bau*. Jurnal Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi, Universitas Haluoleo.
- Soemarto, C.D. 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 2*. Bandung: Nova.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Suroso, & Susanto, H.A. 2006. *Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir daerah aliran sungai Banjaran*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman.
- Triatmodjo, B. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yoyakarta : Beta Offset
- USACE. 2001 & 2002. *HEC-HMS Applications Guid*. USACE-HEC, Davis C.A.