

# MODEL HIDROLOGI UNTUK ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP POTENSI KETERSEDIAAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI ( DAS ) SIAK

Muhammad Iqbal<sup>1)</sup>, Sigit Sutikno<sup>2)</sup>, Ari Sandhyavitri<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : muhammad.iqbal912@gmail.com

## ABSTRACT

*Land use change in Siak watershed (DAS Siak), Indonesia affected to cause fluctuation of Siakwater river flows. In order to manage watershed strategies required a hydrological model which to represent the hydrological cycle of the watershed. The Soil Water Assessment Tools (SWAT) application was implemented to simulate scenarios for land use changes in the period of 2002, 2007, and 2012 in Siak watershed. The research has yielded the following results; the optimal determination coefficient ( $R^2$ ) of the models were = 0.6 ( $>0.4$ ), with Nash Suflicfe Efficiency (NSE) was 0.5 (0.35). The ground water reserves was calculated by comparing the ratio of  $Q_{maximum}$  and  $Q_{minimum}$  during the period of 2002 to 2012. The ratio of ground water reserves were presented as the following order in 2002 was 10,725, in 2007 was 6,834 and in 2012 was respectively. The higher the  $Q_{maximum} / Q_{minimum}$  ratio the more critical ground water reserved could be.*

*Keywords: Land use change, SWAT model, ground water reserve.*

## A. PENDAHULUAN

Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya peristiwa banjir, kekeringan dan bencana ikutan lainnya seperti kebakaran lahan dan kabut asap. Mulai dari permasalahan drainase, tidak adanya pengelolaan sungai yang baik, juga telah terjadi alih fungsi lahan yang tidak terkendali. Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada suatu objek dan merupakan hasil akhir dari setiap bentuk campur tangan kejadian (intervensi) manusia terhadap lahan di permukaan bumi yang bersifat dinamis dan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan hidup baik material maupun spiritual (Arsyad, 2006). Perubahan tata guna lahan yang relatif luas pada kawasan DAS dapat menyebabkan

terganggunya siklus hidrologi.. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan air tanah dan berdampak luas terhadap aspek ekonomi dan kehidupan masyarakat di sekitaran daerah aliran sungai.

Perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali dapat menyebabkan air hujan yang seharusnya meresap ke dalam tanah untuk mengisi cadangan air tanah, akan langsung melimpas menjadi aliran permukaan (*surface flow*) dan mengalir ke sungai karena permukaan tanah telah berubah menjadi kawasan permukiman, industri, serta pembukaan lahan perkebunan. Hal inilah yang mengakibatkan sering terjadinya kekurangan air pada musim kemarau dan kelebihan air pada musim penghujan. Dengan

semakin banyaknya eksploitasi besar-besaran terhadap penggunaan lahan di DAS Siak maka masalah yang akan timbul adalah terganggunya siklus hidrologi yang berakibat pada berkurangnya ketersediaan air di DAS Siak. Ketersediaan air tanah merupakan jumlah air yang dapat tersimpan ke dalam tanah dan keluar dalam kurun waktu tertentu (Purbawa dan Wirajaya, 2009). Salah satu cara yang digunakan untuk dapat mengetahui ketersediaan air tanah di sebuah DAS dengan membandingkan nilai  $Q_{maks}/Q_{min}$  tiap periode atau disebut juga perhitungan nisbah  $Q_{maks}/Q_{min}$ .

Dalam pendekatan hidrologis, Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Triatmodjo, 2010).

Maka dari itu untuk menyusun strategi pengelolaan DAS yang komprehensif yang mempertimbangkan parameter – parameter dari sebuah DAS dibutuhkan sebuah model hidrologi yang dapat mempresentasikan siklus hidrologi pada sebuah DAS. Model-model hidrologi yang ada sangat bervariasi tingkat kompleksitas dan luasan area aplikasi mulai dari skala cakupan DAS hingga skala model makro. Namun diantara model-model tersebut, yang hanya bisa digunakan untuk memodelkan perubahan iklim sekaligus memodelkan perubahan tata guna lahan adalah model SWAT, karena model ini mengakomodasi parameter iklim dan tata guna lahan sebagai data input. Model SWAT merupakan *agro-hydrological watershed scale model* yang dikembangkan oleh *Agricultural Research Services of United States Department of Agriculture (USDA)*. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan data harian debit observasi dengan data harian debit simulasi pada periode waktu tertentu. Metode statistik yang digunakan dalam melakukan validasi adalah

model koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan model efisiensi Nash-Sutcliffe (NS).

$$R^2 = \frac{[\sum_i(Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})(Q_{cal,i} - \bar{Q}_{cal,i})]^2}{\sum_i(Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})^2 \sum_i(Q_{cal,i} - \bar{Q}_{cal,i})^2} \quad (1)$$

$$NS = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{cal,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})^2} \right] \quad (2)$$

Koefisien determinasi memiliki beberapa kriteria seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Koefisien Determinasi

Nilai $R^2$	Interpretasi
$0,7 < R^2 < 1,0$	Pengaruh tinggi
$0,4 < R^2 < 0,7$	Pengaruh sedang
$0,2 < R^2 < 0,4$	Pengaruh rendah
$R^2 < 0,2$	Diabaikan

(Sumber: Hambali, 2008)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Motovilov *et al* (1999), NSE memiliki beberapa kriteria pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Koefisien Determinasi

Nilai NSE	Interpretasi
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak memenuhi

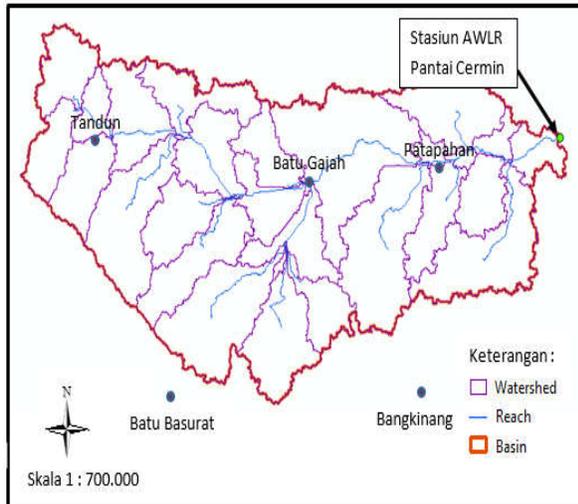
(Sumber : Motovilov, *et al* 1999)

Tujuan penelitian : (1) melakukan evaluasi perubahan tata guna lahan DAS Siak pada tahun 2002, 2007 dan 2012 berdasarkan analisis citra satelit landsat, dan (2) melakukan simulasi pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap potensi ketersediaan sumber daya air di DAS Siak. Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui dampak yang akan ditimbulkan dengan adanya perubahan tata guna lahan yang telah dimanfaatkan oleh pemerintah, swasta maupun masyarakat di kawasan DAS Siak ini, sehingga hasil penelitian ini bisa menjadi acuan pemerintah dalam mengambil kebijakan konservasi sumber daya air.

## B. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Umum

Dalam penelitian ini, Penelitian ini dilakukan pada DAS Iak dengan stasiun AWLR Pantai Cermin. Stasiun Pantai Cermin secara administratif terletak di Provinsi Riau, Kabupaten Kampar dengan letak geografis  $00^{\circ} 35' 24''$  LS dan  $101^{\circ} 11' 46''$  BT



Gambar 1. Lokasi Studi

(Sumber : BWS III bagian hidrologi provinsi Riau)

### 2. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang diambil dalam prosedur penelitian ini, yaitu :

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur adalah studi kepustakaan guna mendapatkan dasar-dasar teoritis tentang langkah-langkah penelitian yang berkaitan dengan analisis model SWAT dan untuk mencari referensi penelitian yang sejenis.

#### 2. Pengumpulan Data

Terdapat 5 jenis data yang dibutuhkan dalam pembuatan model SWAT yaitu data iklim, data topografi, data tata guna lahan, data jenis tanah dan data debit sungai harian.

Data iklim dalam format harian bisa diunduh dari situs *global weather* dengan panjang data selama 14 tahun.

Data topografi dalam bentuk DEM yang digunakan pada penelitian ini adalah ASTER GDEM (*Global Digital Elevation Model*)

dengan resolusi 30 m yang bisa didapatkan diunduh dari internet di alamat <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>

Data tata guna lahan di lokasi studi didapatkan dengan ekstraksi melalui *image processing* data satelit landsat yang mempunyai resolusi spasial 30m. Dengan cara klasifikasi supervisi (*supervised classification*) dan teknik interpretasi citra, data satelit landsat diolah untuk mendapatkan pola tata guna lahan untuk beberapa tahun data perekaman. Data citra satelit landsat yang digunakan pada penelitian ini adalah data perekaman tahun 2002, 2007 dan 2012.

Data jenis tanah bisa didapatkan dari instansi terkait, seperti Dinas Pertanian, Dinas PU, dan Dinas Kehutanan

Data debit sungai harian merupakan data hasil pencatatan debit dari stasiun AWLR untuk masing-masing DAS. Data ini bisa didapatkan dari Dinas PU Provinsi Riau dengan panjang data minimal 1 tahun. Data ini digunakan untuk kalibrasi model hidrologi.

### 3. Analisis Data

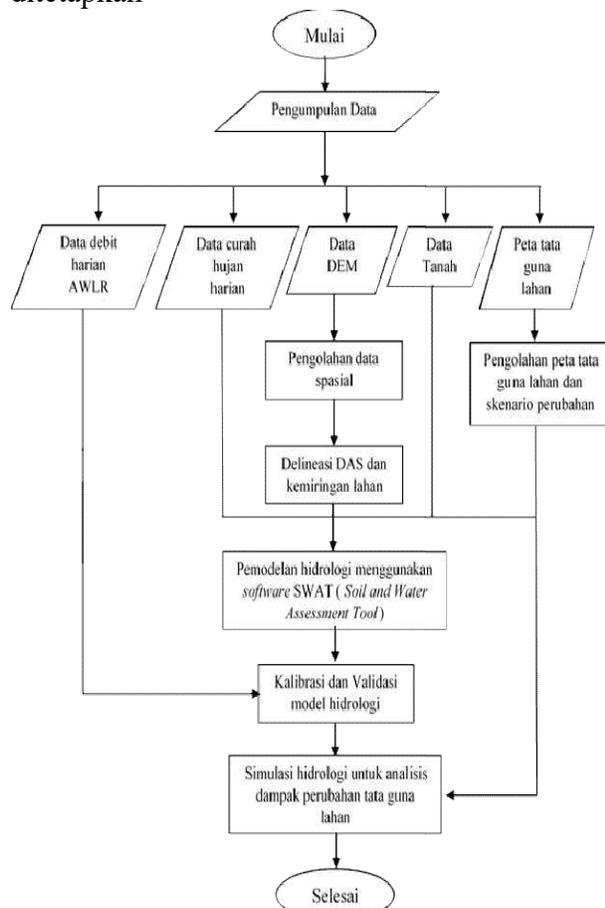
Setelah data diperoleh, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dan pengolahan data *input*. Pengolahan data DEM dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GIS. Daerah observasi akan didelineasi berdasarkan batas topografi alami DAS.

Pengolahan data landsat terdiri atas kalibrasi radiometrik dan koreksi geometrik, klasifikasi multispektral, dan verifikasi dengan data lapangan. Pengolahan data landsat dilakukan dengan menggabungkan peta penutupan lahan secara *supervised classification* yaitu metode *maximum classification method* (MLC) dan analisis indeks vegetasi yaitu *normalized difference vegetation index* (NDVI).

Berbagai data input yang dibutuhkan meliputi data iklim, peta DEM, peta penggunaan lahan, dan data tanah dimasukkan ke dalam model SWAT sehingga menghasilkan satu rangkaian model yang bisa

memberikan respon hidrologi berupa suatu keluaran (*output*). Pada hasil keluaran tersebut dilakukan kalibrasi dan validasi untuk mengetahui tingkat keakuratan model dengan menggunakan data pengukuran AWLR di lapangan.

Proses kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi yang diamati dengan hasil simulasi. Langkah validasi bertujuan untuk membuktikan bahwa suatu proses/metode dapat memberikan hasil yang konsisten sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

## C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 1. Perubahan Tata Guna Lahan SubDAS Tapung

Tata guna lahan di daerah lokasi penelitian telah mengalami perubahan yang cukup signifikan berdasarkan data tata guna lahan yang diperoleh dari olahan citra satelit Landsat. Perubahan tata guna lahan dapat dilihat pada tabel 3.

Pada tabel 3 terlihat bahwa luasan hutan primer mengalami penurunan dari 15624,36 ha di tahun 2002 menjadi 7352,64 ha atau turun sebesar 4,86 % pada tahun 2007 dan meningkat hingga 12186,32 ha pada tahun 2012 atau menurun sebesar 2,02 % dari tahun 2002. Tanda positif (+) dalam tabel 3 berarti prosentase luas lahan bertambah, dan begitu juga sebaliknya.

Perubahan luas yang signifikan juga terjadi pada Hutan tanaman industri dari tahun 2002 sebesar 17053,04 ha dan meningkat menjadi 20117,64 ha atau naik sebesar 1,80 % pada tahun 2007 dan menurun sampai 12441,62 pada tahun 2012 atau menurun sebesar 2,71 % dari tahun 2002.

Perubahan luasan hutan primer dan hutan tanaman industri terjadi karena animo masyarakat terhadap perkebunan kelapa sawit, yang menurut mereka dapat menjamin kesejahteraan masyarakat serta pola kerja yang tidak sebesar pengelolaan lahan pertanian, sehingga semakin menyebabkan pertumbuhan perkebunan kelapa sawit meningkat. Kepastian pasar, merupakan faktor lain yang turut serta dalam mendorong makin berkembangnya perkebunan kelapa sawit. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya luas perkebunan sawit dari tahun ke tahun. Pada tahun 2002 luas perkebunan sawit adalah 76249,60 ha walaupun terjadi penurunan menjadi 75960,26 pada tahun 2007 tetapi meningkat sampai 79347,24 ha pada tahun 2012 atau meningkat sebesar 1,82 % dari tahun 2002.

Selain itu pertambahan jumlah penduduk juga mempengaruhi perubahan tata guna lahan pada sub DAS Tapung ini, dibuktikan dengan semakin bertambahnya areal pemukiman dari 1310,54 ha dan meningkat sampai 3386,98 ha pada tahun 2012 atau meningkat sebesar 1,22 % dari tahun 2002.

Perubahan yang cukup signifikan juga terlihat pada luas semak belukar dan tanah terbuka, semak belukar pada tahun 2002 memiliki luasan sebesar 11369,36 ha dan menurun pada tahun 2007 menjadi 6416,54

ha, meningkat kembali sampai 13939,38 ha pada tahun 2012 dengan total peningkatan luas sebesar 1,51%, sedangkan perubahan luas tanah terbuka pada tahun 2002 adalah 2553,00 ha, meningkat pada tahun 2007 menjadi 6331,44 ha dan menurun 3778,44 ha pada tahun 2012 namun tetap meningkat sebesar 0,72% dibanding tahun 2002. Peningkatan luas tanah terbuka dan semak belukar ini dikarenakan pembukaan lahan untuk lahan perkebunan oleh masyarakat maupun industri.

Tabel 3 Perubahan tata guna lahan sub DAS Tapung

Tata Guna Lahan	Tahun 2002		Tahun 2007		Tahun 2012	
	Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Perubahan terhadap tahun 2002 (%)	Luas (ha)	Perubahan terhadap tahun 2002 (%)
Hutan	15624,36	9,18	7352,64	-4,86	12186,32	-2,02
Hutan Tanaman	17054,04	10,02	20117,64	1,8	12441,62	-2,71
Industri	4084,80	2,40	5514,48	0,84	3914,60	-0,10
Karet	76249,60	44,80	75960,26	-0,17	79347,24	1,82
Kelapa Sawit	1310,54	0,77	1106,30	-0,12	3386,98	1,22
Pemukiman	17,02	0,01	17,02	0,00	17,02	0,00
Perairan	41937,28	24,64	47366,66	3,19	41188,40	-0,44
Pertanian	11369,36	6,68	6416,54	-2,91	13939,38	1,51
Semak Belukar	2553,00	1,50	6331,44	2,22	3778,44	0,72
Tanah Terbuka	170200	100	170200		170200	
Total						

Sumber : Analisis, 2014

tanpa diikuti penurunan debit secara perlahan. Hal ini menandakan pada

## 2. Pemodelan Hidrologi

### A. Analisis Debit Dengan Tata Guna Lahan 2002

Analisis debit sub DAS Tapung dilakukan menggunakan program SWAT, pada kondisi awal simulasi ini digunakan nilai parameter – parameter yang ditentukan oleh SWAT atau tanpa kalibrasi.

Pada gambar 3 adalah perbandingan antara debit terukur di AWLR Pantai Cermin dengan debit simulasi. Seperti yang terlihat pada gambar, saat adanya hujan terjadi respon yang tinggi terhadap debit sungai

program SWAT ketika terjadi hujan yang cukup tinggi mengakibatkan *runoff* yang sangat besar, jadi perlu dilakukan perubahan parameter yang berhubungan dengan limpasan agar dapat mengendalikan peningkatan debit sungai.

Namun, saat curah hujan kecil atau tidak terjadi hujan dalam waktu yang lama hasil debit simulasi lebih kecil dibandingkan debit terukur dilapangan. Hal ini menunjukkan pengolahan aliran bawah permukaan pada program SWAT masih belum sesuai dengan

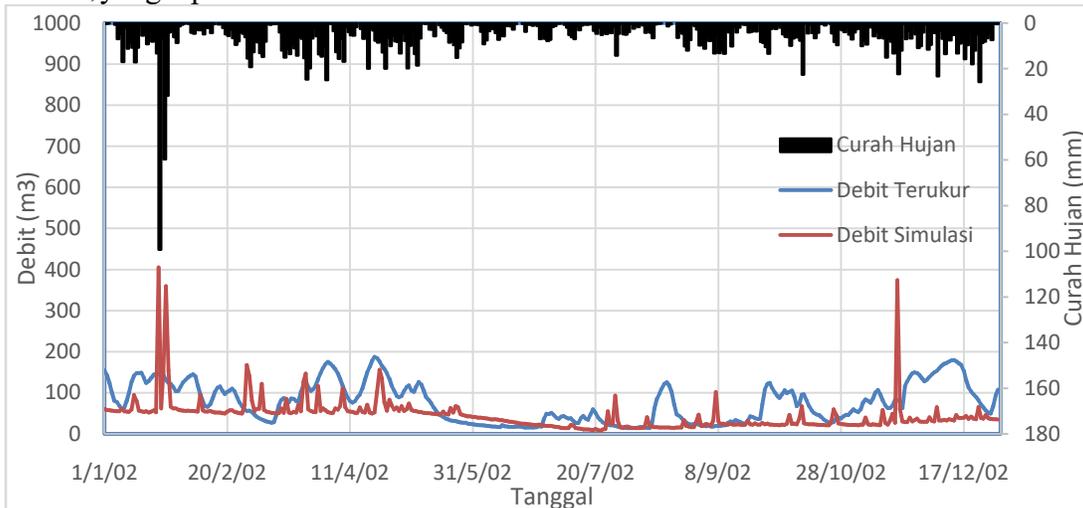
kondisi di lapangan, sehingga perlu dilakukan perubahan pada parameter – parameter yang berhubungan dengan aliran bawah permukaan. Kalibrasi model keluaran SWAT dilakukan dengan membandingkan debit harian dari AWLR Pantai Cermin pada tahun 2002 dengan keluaran model SWAT tahun 2002. Kalibrasi dilakukan berdasarkan *range* nilai maksimum dan minimum. Pada awal proses kalibrasi, dilakukan pemasukan data berdasarkan file

*Absolute\_SWAT\_Values.txt.File*

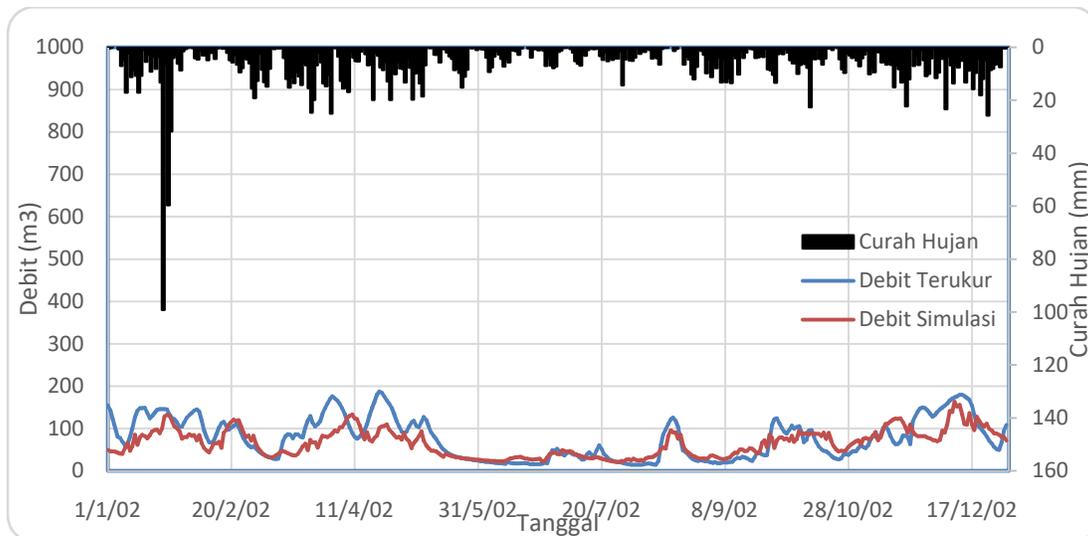
tersebut berguna dalam mengetahui *range* nilai awal yang dianjurkan. Setelah tahap iterasi pertama dilakukan, diperoleh nilai baru yang disarankan pada *new\_pars.txt*, yang dapat dimasukkan kembali

alam masukan parameter. Hal ini kemudian dilakukan secara berulang hingga diperoleh nilai validitas yang diinginkan. Pada penelitian ini dilakukan pemasukan 24 parameter yang diperkirakan dapat mempengaruhi hasil keluaran dari simulasi secara signifikan.

Pada kalibrasi tahun 2002 ini dilakukan sebanyak 5 kali iterasi dengan 750 simulasi pada tiap iterasinya. Parameter dan masukannya nilai akhir yang digunakan pada proses kalibrasi akhir disajikan pada tabel 4 dan grafik hasil kalibrasi disajikan pada Gambar 4. Pada hasil kalibrasi menghasilkan nilai validitas  $R^2$  sebesar 0,55 dan NS sebesar 0,48 untuk debit harian.



Gambar 3. Perbandingan Grafik Hidrograf Debit Terukur dan Debit Simulasi Tahun 2002 Tanpa Kalibrasi. (Sumber : Analisis, 2014)



Gambar 4. Perbandingan Grafik Hidrograf Debit Terukur dan Debit Simulasi Tahun 2002 Dengan Kalibrasi.  
(Sumber : Analisis, 2014)

Tabel 4. Parameter dan nilai masukan yang digunakan untuk kalibrasi 2002

No	Parameter	Fitted_Value
1	R_CN2.mgt	-0,18862
2	V_ALPHA_BF.gw	0,56636
3	V_GW_DELAY.gw	31,59235
4	V_GWQMN.gw	1121,27686
5	V_REVAPMN.gw	236,52802
6	V_RCHRG_DP.gw	0,3604
7	V_GW_REVAP.gw	0,10874
8	R_SOL_K(..).sol	11,30848
9	R_SOL_AWC(..).sol	-2,76595
10	R_SOL_Z(..).sol	8,83791
11	V_CH_L1.sub	40,19984
12	V_CH_S1.sub	4,01316
13	V_CH_K1.sub	18,78895
14	V_CH_W1.sub	515,74976
15	V_OV_N.hru	0,40164
16	V_EPCO.hru	0,17635
17	V_CANMX.hru	7,25117
18	V_ESCO.hru	0,94749
19	V_SLSUBBSN.hru	71,26617
20	V_HRU_SLP.hru	0,22614
21	V_SURLAG.bsn	12,94072
22	V_CH_K2.rte	274,22974
23	V_CH_N2.rte	0,12332
24	V_ALPHA_BNK.rte	0,80808

Sumber : Analisis, 2014

## B. Analisis Debit Dengan Tata Guna Lahan 2007

Pada kondisi awal simulasi ini digunakan nilai parameter – parameter yang ditentukan oleh SWAT atau tanpa kalibrasi. Hasil debit simulasi awal juga masih jauh berbeda dibandingkan debit terukur maka diperlukan proses kalibrasi. Pada kalibrasi tahun 2007 ini dilakukan sebanyak 5 kali iterasi dengan 750 simulasi pada tiap iterasinya. Parameter dan masukan nilai akhir yang digunakan pada proses kalibrasi akhir disajikan pada tabel 5 grafik hasil kalibrasi yang disajikan ada Gambar 5. Nilai masukan tersebut memberikan hasil validitas  $R^2$  sebesar 0,51 dan NS sebesar 0,48 untuk debit harian

Tabel 5. Parameter dan nilai masukan yang digunakan untuk kalibrasi 2007

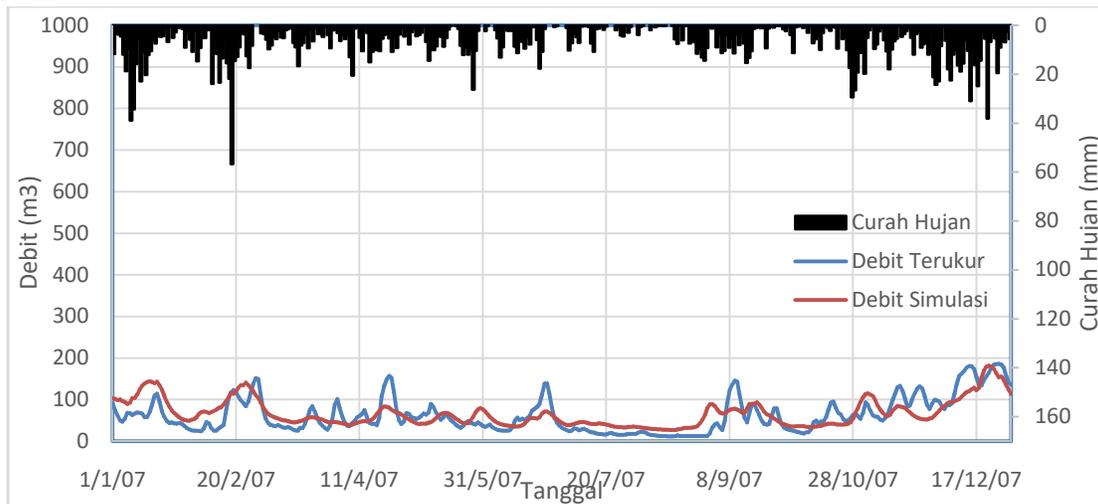
No	Parameter	Fitted_Value
1	R_CN2.mgt	-0,00361
2	V_ALPHA_BF.gw	0,21145
3	V_GW_DELAY.gw	115,8217
4	V_GWQMN.gw	1063,78381
5	V_REVAPMN.gw	169,29489
6	V_RCHRG_DP.gw	0,34567
7	V_GW_REVAP.gw	0,14523
8	R_SOL_K(..).sol	13,48418
9	R_SOL_AWC(..).sol	-1,42542
10	R_SOL_Z(..).sol	7,01576
11	V_CH_L1.sub	56,45591

12	V__CH_S1.sub	2,0974
13	V__CH_K1.sub	292,62048
14	V__CH_W1.sub	300,20352
15	V__OV_N.hru	0,5671
16	V__EPCO.hru	0,55181
17	V__CANMX.hru	5,17615
18	V__ESCO.hru	0,4906
19	V__SLSUBBSN.hru	34,16892
20	V__HRU_SLP.hru	0,30686
21	V__SURLAG.bsn	13,15405
22	V__CH_K2.rte	394,1366
23	V__CH_N2.rte	0,19367
24	V__ALPHA_BNK.rte	0,5818

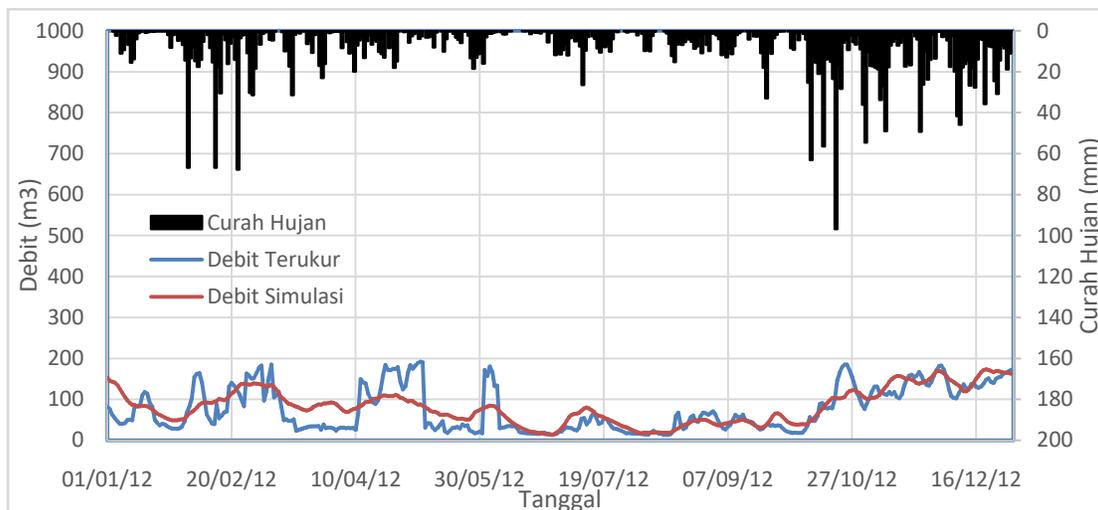
Sumber : Analisis, 2014

Pada kondisi awal simulasi ini digunakan nilai parameter – parameter yang ditentukan oleh SWAT atau tanpa kalibrasi. Hasil debit simulasi awal juga masih jauh berbeda dibandingkan debit terukur maka diperlukan proses kalibrasi. Pada kalibrasi tahun 2012 ini dilakukan sebanyak 4 kali iterasi dengan 1000 simulasi pada tiap iterasinya. Parameter dan masuk nilai akhir yang digunakan pada proses kalibrasi akhir disajikan pada tabel 6 grafik hasil kalibrasi yang disajikan pada Gambar 6. Nilai masukan tersebut memberikan hasil validitas  $R^2$  sebesar 0.59, dan NS sebesar 0.59 untuk debit harian.

### C. Analisis Debit Dengan Tata Guna Lahan 2012



Gambar 5. Perbandingan Grafik Hidrograf Debit Terukur dan Debit Simulasi Tahun 2007 Dengan Kalibrasi. (Sumber : Analisis, 2014)



Gambar 6. Perbandingan Grafik Hidrograf Debit Terukur dan Debit Simulasi Tahun 2012 Dengan Kalibrasi.  
(Sumber : Analisis, 2014)

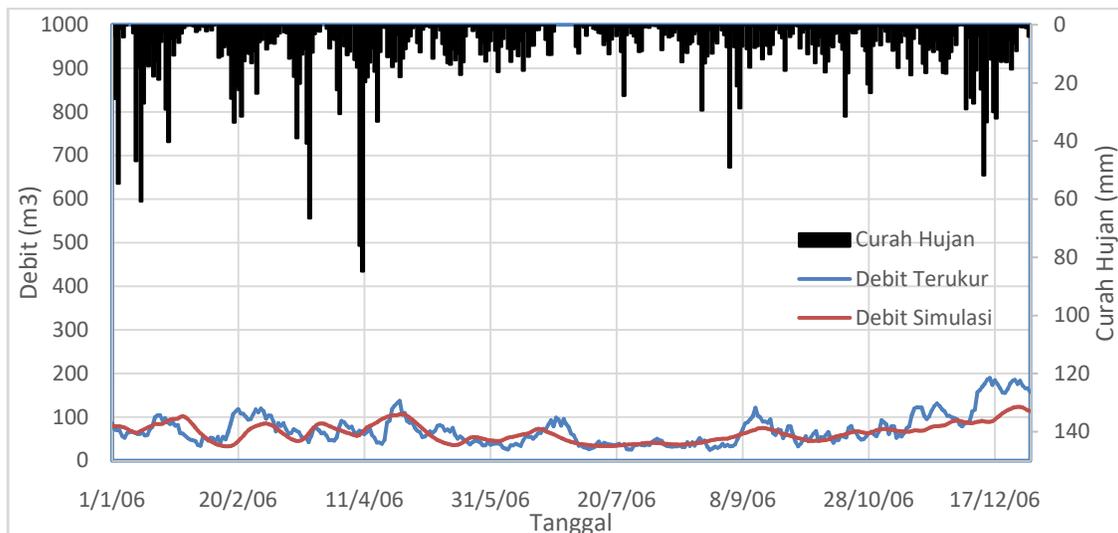
Tabel 5. Parameter dan nilai masukan yang digunakan untuk kalibrasi 2007

No	Parameter	Fitted_Value
1	R_CN2.mgt	0,116
2	V_ALPHA_BF.gw	0,347
3	V_GW_DELAY.gw	64,30
4	V_GWQMN.gw	1507,50
5	V_REVAPMN.gw	107,20
6	V_RCHRG_DP.gw	0,151
7	V_GW_REVAP.gw	0,1768
8	R_SOL_K(..).sol	10,1342

#### D. Validasi Model

Validasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter DAS yang paling optimal saat proses kalibrasi. Parameter tersebut akan digunakan untuk mensimulasikan data periode

tahun 2006 pada subDAS Tapung. Pada Gambar 7 disajikan perbandingan antara hidrograf hasil pemodelan dengan hidrograf terukur di lapangan untuk kondisi parameter yang sama pada saat kalibrasi tetapi dengan periode waktu yang berbeda, yaitu periode tahun 2006. Seperti ditunjukkan pada gambar, bentuk grafik debit hasil validasi model pada awal dan akhirnya memiliki perbedaan dengan bentuk grafik data terukur. Pada hasil validasi menghasilkan nilai validitas  $R^2$  sebesar 0,51 dan NS sebesar 0,46 untuk debit harian.



Gambar 7. Perbandingan Grafik Hidrograf Debit Terukur dan Debit Simulasi Tahap Validasi Tahun 2006.  
(Sumber : Analisis, 2014)

#### E. Analisis Sensitivitas Parameter SWAT

Analisa Sensitivitas dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang parameter yang paling berpengaruh selama proses kalibrasi. Analisa sensitivitas dilakukan pada simulasi pada tahun 2012, dari hasil analisa sensitivitas didapatkan bahwa 8 parameter paling memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil debit Sub DAS Tapung.

Hasil analisa sensitivitas ditampilkan dalam tabel 6. secara berurutan mulai dari yang paling sensitif berdasarkan nilai  $p$ -value. Semakin kecil nilai  $p$ -value maka semakin signifikan parameter tersebut dimana nilai terkecil adalah nol (Neitsch et al., 2002).

F. Analisis Ketersediaan Air

Pada penelitian ini analisis ketersediaan air tanah dihitung dengan cara membandingkan nilai  $Q_{maks}/Q_{min}$  tiap periode atau disebut juga perhitungan nisbah  $Q_{maks}/Q_{min}$ . Nilai  $Q_{maks}$  dan  $Q_{min}$  yang digunakan adalah hasil keluaran model SWAT yang telah dijelaskan sebelumnya. Nilai nisbah  $Q_{maks}/Q_{min}$  dapat mengidentifikasi suatu DAS mengalami perubahan kekritisan. Nilai Nisbah  $Q_{maks}$  dan  $Q_{min}$  sebuah DAS, dihitung dengan menghitung nilai perbandingan  $Q_{maks}$  dan  $Q_{min}$  dari data debit bulanan rata-rata, kemudian dihitung rata-rata nilai nisbah  $Q_{maks}/Q_{min}$  tiap tahunnya. Jika nilai nisbah  $Q_{maks}/Q_{min}$  semakin besar maka DAS tersebut semakin kritis dan dapat disimpulkan bahwa ada kecenderungan air mengalami penurunan ketersediaan. Tabel 7 adalah perhitungan nisbah  $Q_{maks}/Q_{min}$  pada setiap tahun yang disimulasikan yaitu tahun 2002, 2007 dan 2012.

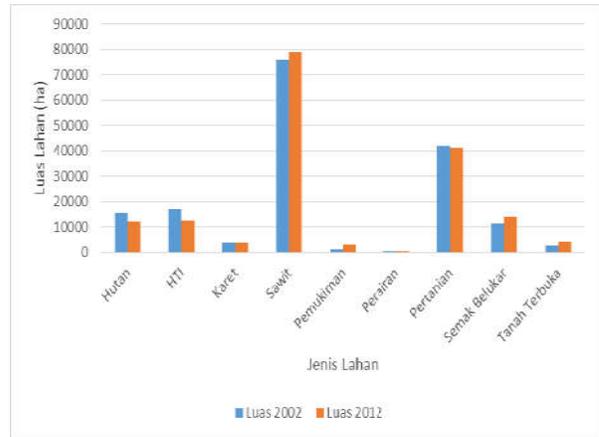
Tabel 7 Perhitungan Nisbah  $Q_{maks}/Q_{min}$

Tahun	$Q_{maks}$	$Q_{min}$	Nilai Nisbah
2002	162.8	15.18	10.725
2007	181.5	26.56	6.834
2012	172.9	13.35	12.951

(Sumber : Analisis, 2014)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa ketersediaan air dari tahun 2002 sampai dengan 2012 mengalami peningkatan dan penurunan. Pada periode penelitian tahun 2002 sampai dengan 2012 nilai nisbah cenderung mengalami peningkatan yaitu dari 10.725 menjadi 12.951, hal ini disebabkan penggunaan tata guna lahan pada tahun 2002 dan 2012 mengalami beberapa perubahan seperti : (i) menurunnya luasan hutan dari 15 ribu ha menjadi 12 ribu ha (ii) menurunnya luasan hutan tanaman industri dari 17 ribu ha menjadi 12 ribu ha, (iii) meningkatnya luasan kelapa sawit dari 76 ribu ha menjadi 79 ribu ha (iv) meningkatnya luasan pemukiman dari

seribu ha menjadi 3 ribu ha yang dapat meningkatkan jumlah *runoff* yang terjadi sehingga semakin meningkatnya nilai nisbah antara tahun 2002 dan 2012. Untuk lebih jelasnya perubahan tata guna lahan antara tahun 2002 dan 2012 dapat dilihat pada gambar 8. berikut.

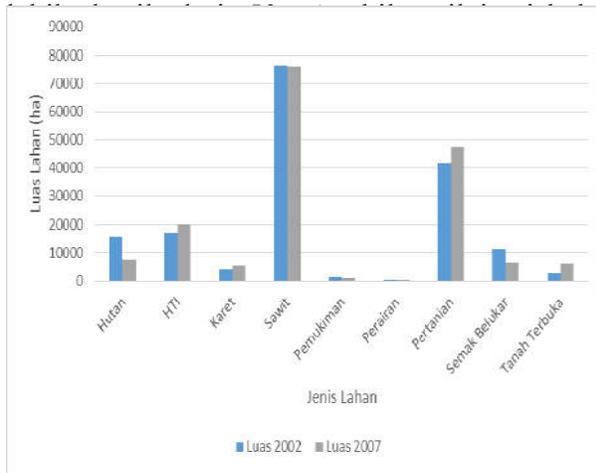


Gambar 8. Perbandingan luas tata guna lahan tahun 2002 dan 2012  
(Sumber : Analisis, 2014)

Namun pada tahun 2007 terjadi penurunan nilai nisbah dari 10.725 menjadi 6.834. Angka nisbah 2007 ini relatif lebih baik dari tahun 2002. Hal disebabkan perubahan tata guna lahan yang relatif positif seperti: (i) penurunan luasan area kelapa sawit dari tahun 2002 ke 2007 dari 76 ribu ha menjadi 75 ribu ha karena penebangan untuk peremajaan pohon sawit yang tua, (ii) kenaikan luasan area HTI dari 17 ribu ha menjadi 20 ribu ha karena replanting, (iii) meningkatnya luasan tanah terbuka dari 2500 ha menjadi 6000 ha, sehingga menurunkan jumlah *runoff*. Secara makro ditahun 2007 curah hujan terjadi hampir merata pada setiap bulannya sehingga tidak terjadi perbedaan yang jauh antara  $Q_{maksimum}$  dan  $Q_{minimum}$ . Perubahan tata guna lahan antara tahun 2002 dan 2007 dapat dilihat pada gambar 9.

Walaupun mengalami penurunan dan peningkatan nilai nisbah  $Q_{maks}/Q_{min}$  dari tahun 2002, 2007 dan 2012, nilai nisbah

Qmaks/Qmin sub DAS Tapung masih dikategorikan baik karena nilai nisbah masih



Gambar 9 Perbandingan luas tata guna lahan tahun 2002 dan 2007

(Sumber : Analisis, 2014)

#### D. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Perubahan Tata guna lahan Sub DAS Tapung sangat dipengaruhi oleh perekonomian masyarakat yang bergantung pada sektor perkebunan dan pertanian serta dipengaruhi oleh penambahan jumlah penduduk.
- 2.a. Uji kehandalan model hidrologi dengan data terukur di lapangan yaitu stasiun AWLR Pantai Cermin dapat dilihat dari parameter koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan efisiensi Nash-Sutcliffe ( $NS$ ). Pada tahun 2002 memberikan nilai  $R^2 = 0.55$  dan  $NS = 0.48$ , Pada tahun 2007 memberikan nilai  $R^2 = 0.51$  dan  $NS = 0.48$ , sedangkan pada tahun 2012 memberikan nilai  $R^2 = 0.59$  dan  $NS = 0.58$ .
- b. Pada tahap validasi di stasiun AWLR Pantai Cermin pada tahun 2006 memberikan nilai  $R^2 = 0.55$  dan  $NS = 0.48$ . Hasil kalibrasi dan validasi menunjukkan bahwa program SWAT dapat memodelkan perubahan tata guna lahan di Sub DAS Tapung dengan baik.

c. Analisis sensitifitas parameter pada program SWAT menghasilkan 8 parameter yang paling sensitif yaitu pada bagian *groundwater*, *hru*, *soil*, *routing* dan *management*.

d. Hasil perhitungan nisbah Qmaks/Qmin pada tahun 2002, 2007 dan 2012 secara berturut-turut adalah 10,725, 6.834 dan 12.951. Hasil ini menunjukkan dari tahun 2002 hingga 2012 sub DAS Tapung mengalami kecenderungan penurunan ketersediaan air.

#### E. SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditulis saran yaitu:

1. Diperlukan stasiun pengukuran curah hujan dan stasiun iklim yang berada di dalam area DAS sehingga data iklim bisa lebih baik menggambarkan kondisi DAS.
2. Adanya kajian lebih lanjut mengenai pemodelan hidrologi selain menggunakan model SWAT untuk dapat diterapkan di lokasi studi stasiun AWLR Pantai Cermin.

#### F. DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S., 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor.
- Asdak, C., 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hambali, R. 2008. *Analisis Ketersediaan Air dengan Model Mock*. Bahan Ajar. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada
- Kodoatie RJ., Sjarief R., 2010. *Tata Ruang Air*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Purbawa, G.A. dan Wirayajaya, N.G. (2009), *Analisis Spasial Normal Ketersediaan Air Tanah Bulanan di Provinsi Bali*, Balai Besar Meteorologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar, BMKG, Bali.
- Triatmojo, B. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset