

Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Ketersediaan Air Di Daerah Aliran Sungai (Das) Siak, Provinsi Riau

Ari Sandhyavitri, Sigit Sutikno, Muhammad Iqbal

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

Email : arisandhyatri@gmail.com and muhammad.iqbal912@gmail.com

Abstract : These paper objectives are to develop a hydrological model which is capable to represent the hydrological cycle of the Siak watershed, Riau Province, and to calculate availability of water resources within this watershed. This paper developed hydrological model by utilizing the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) application software package. The ongoing land use changes during 10 years period (2002 to 2012) within the Siak watershed were analysed based on the satellite image processing. Based on this research study, the optimal determination coefficient (R^2) of SWAT output models were = 0.59, with Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) was 0.58. The determination coefficient (R^2) for validation models was 0.55 ($> R^2$ min of 0.4), and NSE was 0.48 ($> NSE$ min of 0.36). The level of water resources availability during the period of 2002 to 2012 (Q_{max}/Q_{min}) were as the following order 10.72 (2002), 6.83 (2007) and 12.95(2012) respectively. Should the ratio value Q_{max}/Q_{min} was higher, the more critical water resources condition will be. Hence, the changes in land use in the Siak watershed affected to suppress the availability of water resources.

Keywords: Land use change, SWAT model, water resources, Q_{max}/Q_{min} .

Abstrak : Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan model hidrologi yang mampu mewakili siklus hidrologi DAS Siak, Provinsi Riau, dan untuk menghitung ketersediaan air pada DAS tersebut.. Studi ini mengembangkan model hidrologi dengan bantuan *software Soil and Water Assessment Tool (SWAT)*. Perubahan penggunaan lahan berkelanjutan selama periode 10 tahun (2002-2012) dalam DAS Siak yang dianalisis berdasarkan pengolahan oleh citra satelit. Berdasarkan penelitian ini, koefisien determinasi optimal (R^2) yang diperoleh dari model keluaran SWAT adalah sebesar 0,59, dengan Nash-Sutcliffe Efisiensi (NSE) adalah 0,58. Koefisien determinasi (R^2) untuk model validasi sebesar 0,55 ($> R^2$ min 0,4), dan NSE adalah 0,48 ($> NSE$ min 0,36). Tingkat ketersediaan air selama periode 2002-2012 (Q_{max} / Q_{min}) secara berurutan masing-masing sebesar 10,72 (2002), 6,83 (2007) dan 12,95 (2012). Karena diperoleh rasio Q_{max} / Q_{min} makin tinggi dari tahun ke tahun yang mengindikasikan ketersediaan air yang makin kritis. Hal tersebut menggambarkan perubahan penggunaan tata guna lahan di DAS Siak mempengaruhi ketersediaan sumber daya air.

Kata kunci: Perubahan Tanah Guna lahan, model SWAT, sumber daya air, Q_{max} / Q_{min} .

PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan dalam skala massive (misalnya karena pembukaan kawasan perkebunan skala besar, seperti perkebunan sawit, pembukaan kawasan permukiman dan industri) dapat menyebabkan air hujan yang seharusnya meresap ke dalam tanah (dalam bentuk infiltrasi dan perkolasi), akan berubah menjadi limpasan aliran permukaan (*surface flow*) yang umumnya mengalir ke sungai dan ke danau. Sehingga dapat mempengaruhi keseimbangan air dan lingkungan disekitarnya

(Arsyad, 2006). Perubahan tata guna lahan yang relatif luas pada kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat menyebabkan terganggunya siklus hidrologi.. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan sumber daya air di suatu DAS. Berdasarkan data aliran dasar di stasiun pengukur muka air otomatis (*Automatic Water Level Record, AWLR*) di Jembatan Sungai Siak, terdapat kecenderungan fluktuasi debit maksimum Sungai semakin meningkat, yaitu terutama terlihat mulai tahun 2000 sampai

dengan 2005. Sedangkan fluktuasi debit minimum cenderung semakin rendah. Akibat langsung dari tingginya fluktuasi selisih debit air sungai Siak maksimum dengan minimum adalah dalam bentuk terjadinya banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau dengan pola yang lebih sering tiap tahunnya.

Salah satu cara yang digunakan untuk dapat mengetahui ketersediaan air di sebuah DAS dengan membandingkan nilai Q_{maks}/Q_{min} tiap periode atau disebut juga perhitungan nisbah Q_{maks}/Q_{min} .

Untuk itu dibutuhkan sebuah model hidrologi yang dapat mempresentasikan siklus hidrologi pada sebuah DAS. Banyak model hidrologi dengan berbagai tingkat kompleksitas dan luasan area aplikasi mulai dari skala cakupan DAS hingga skala model makro. Namun diantara model-model tersebut, model *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)* dapat 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).

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

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

Koefisien determinasi memiliki beberapa kriteria seperti pada Tabel 1.

Hal ini menandakan ketersediaan air di DAS Siak juga cenderung berkurang. Ketersediaan air di DAS merupakan jumlah air yang dapat tersimpan ke dalam tanah (*water recharge*) dan keluar (*water discharge*) dalam kurun waktu tertentu (Purbawa dan Wirajaya, 2009, dan Triatmodjo, 2010).

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.

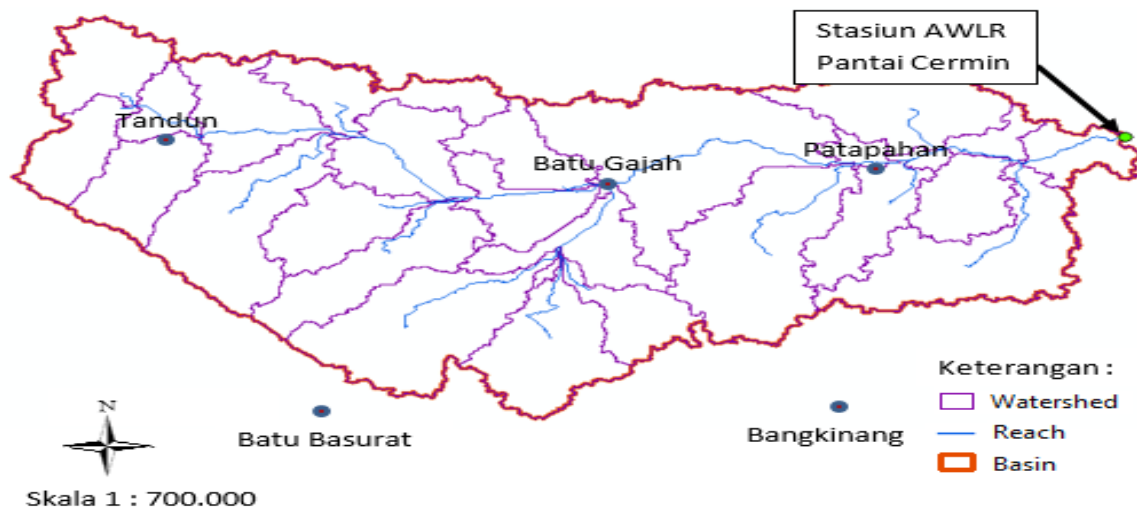
Tabel 2. Kriteria Koefisien Determinasi

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 simulasi pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap potensi ketersediaan sumber daya air di DAS Siak, dan (2) melakukan evaluasi perubahan tata guna lahan DAS Siak pada tahun 2002, 2007 dan 2012 berdasarkan analisis citra satelit landsat.

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui dampak yang akan ditimbulkan dengan adanya perubahan tata guna lahan di kawasan DAS Siak ini, sehingga hasil penelitian ini bisa menjadi salah satu acuan pemerintah dalam mengambil kebijakan konservasi sumber daya air.



Gambar 1. Lokasi Studi
(Sumber : BWS III bagian hidrologi provinsi Riau)

METODOLOGI PENELITIAN

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

Pengumpulan Data

Terdapat 5 jenis data yang dibutuhkan dalam pembuatan model SWAT yaitu: (i) data iklim, (ii) data topografi, (iii) data tata guna lahan, (iv) data jenis tanah, dan (iv) 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 *Digital Elevation Model* (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

Berbagai data input yang dibutuhkan meliputi data iklim, peta DEM, peta penggunaan lahan, dan data tanah dimasukkan ke dalam model

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 adalah data hasil pencatatan debit dari stasiun AWLR 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.

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).

SWAT sehingga menghasilkan satu rangkaian model yang bisa memberikan respon hidrologi berupa suatu keluaran (*output*). Hasil keluaran

perlu dikalibrasi dan divalidasi 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

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perubahan Tata Guna Lahan DAS Siak difokuskan pada SubDAS Tapung Siak

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.

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 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. Hal ini diidentifikasi 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.

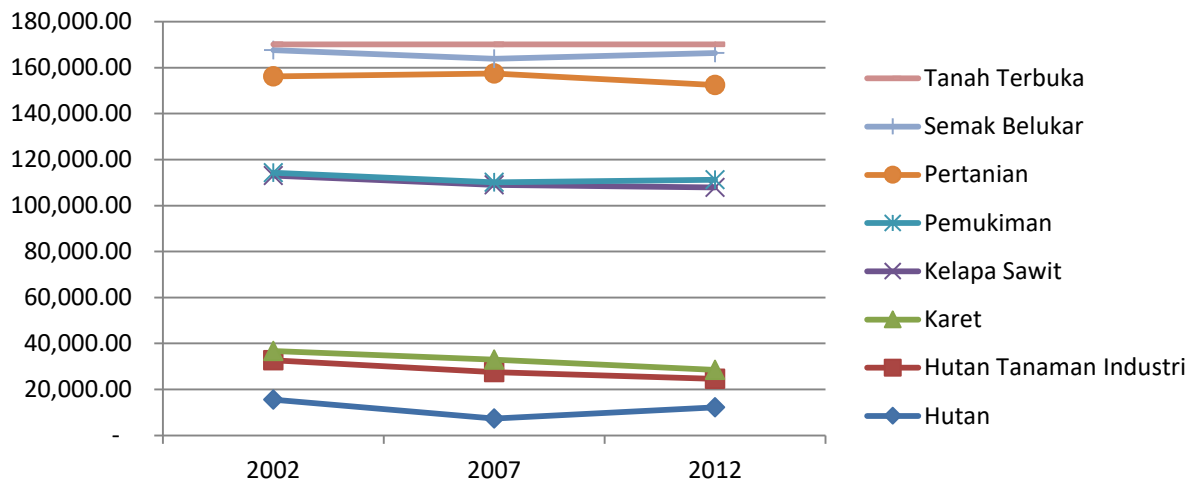
Perubahan yang cukup signifikan juga terlihat pada luas semak belukar dan tanah terbuka, semak belukar pada tahun 2002 memiliki luasan sebesar 11369,36 ha dan menurun pada tahun 2007 menjadi 6416,54 ha, meningkat kembali sampai 13939,38 ha pada tahun 2012 dengan total peningkatan luas sebesar 1,51%, 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 1. 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 Industri	17054,04	10,02	20117,64	1,8	12441,62	-2,71
Karet	4084,80	2,40	5514,48	0,84	3914,60	-0,10
Kelapa Sawit	76249,60	44,80	75960,26	-0,17	79347,24	1,82
Pemukiman	1310,54	0,77	1106,30	-0,12	3386,98	1,22
Perairan	17,02	0,01	17,02	0,00	17,02	0,00
Pertanian	41937,28	24,64	47366,66	3,19	41188,40	-0,44

Tata Guna Lahan	Tahun 2002		Tahun 2007		Tahun 2012	
	Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Perubahan terhadap tahun 2002 (%)	Luas (ha)	Perubahan terhadap tahun 2002 (%)
Semak Belukar	11369,36	6,68	6416,54	-2,91	13939,38	1,51
Tanah Terbuka	2553,00	1,50	6331,44	2,22	3778,44	0,72
Total	170200	100	170200		170200	

Sumber : Analisis, 2014



Gambar 2. Perubahan tata guna lahan sub DAS Tapung

Pemodelan Hidrologi

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.

Gambar 3 adalah perbandingan antara debit terukur di AWLR Pantai Cermin, Tapung, Provinsi Riau, Indonesia, dengan debit simulasi. Seperti yang terlihat pada gambar, saat adanya hujan terjadi respon yang tinggi terhadap debit sungai tanpa diikuti penurunan debit secara perlahan. Hal ini menandakan pada program SWAT ketika terjadi hujan yang cukup tinggi mengakibatkan *runoff* yang relatif besar, jadi perlu dilakukan perubahan parameter yang berhubungan dengan limpasan agar dapat mengendalikan peningkatan debit sungai.

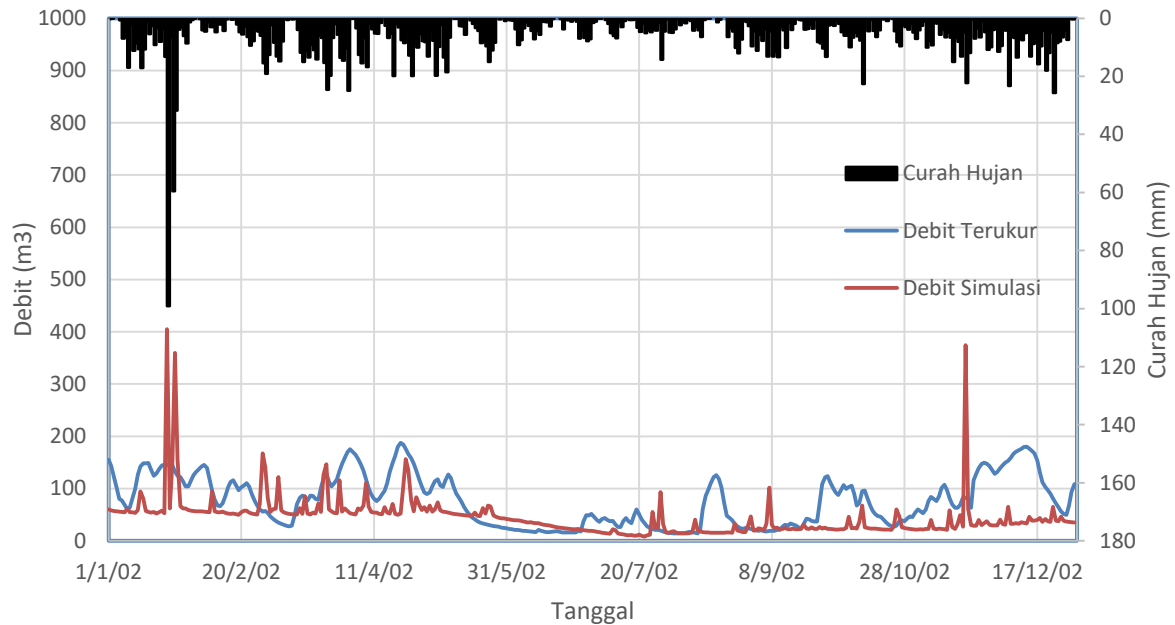
Namun, saat curah hujan kecil atau tidak terjadi hujan dalam waktu yang lama hasil debit

simulasi lebih kecil dibandingkan debit terukur di lapangan. 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, Tapung 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 *range* nilai baru yang disarankan pada *new_pars.txt*, yang dapat dimasukkan kembali dalam masukan parameter. Hal ini kemudian dilakukan secara berulang hingga diperoleh nilai validitas yang diinginkan. Pada penelitian ini dilakukan pemasukan 24 parameter yang diperkirakan dapat

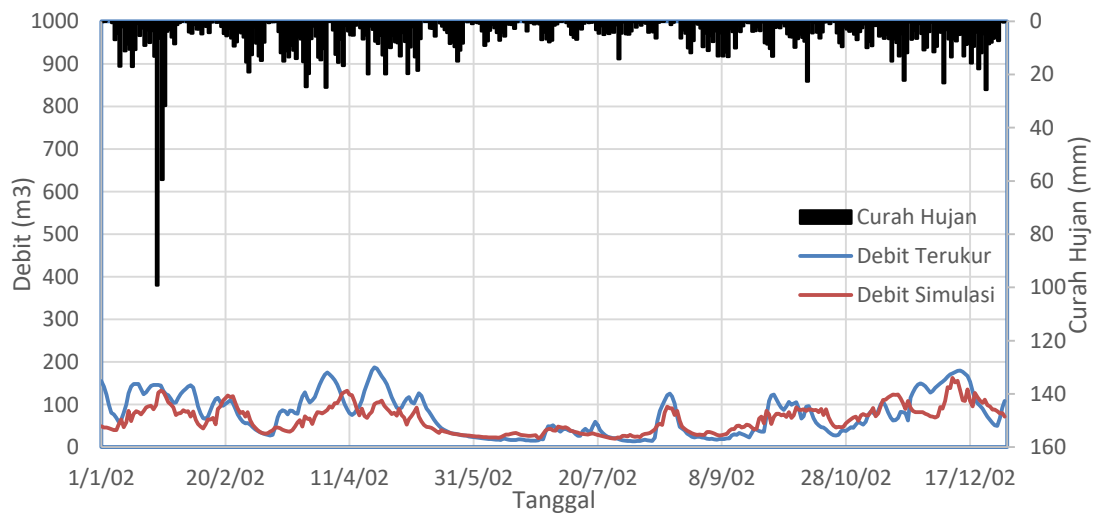
mempengaruhi hasil keluaran dari simulasi secara signifikan.

Pada kalibrasi tahun 2002 ini dilakukan sebanyak 5 kali iterasi dengan 750 simulasi pada tiap iterasinya. Parameter dan masukan

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 ($>0,4$) dan NS sebesar 0,48 ($>0,36$) 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 2. 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

No	Parameter	Fitted_Value
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

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 pada Gambar 5. Nilai masukan tersebut memberikan hasil validitas R^2 sebesar 0,51 ($>0,4$) dan NS sebesar 0,48 ($>0,36$) 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

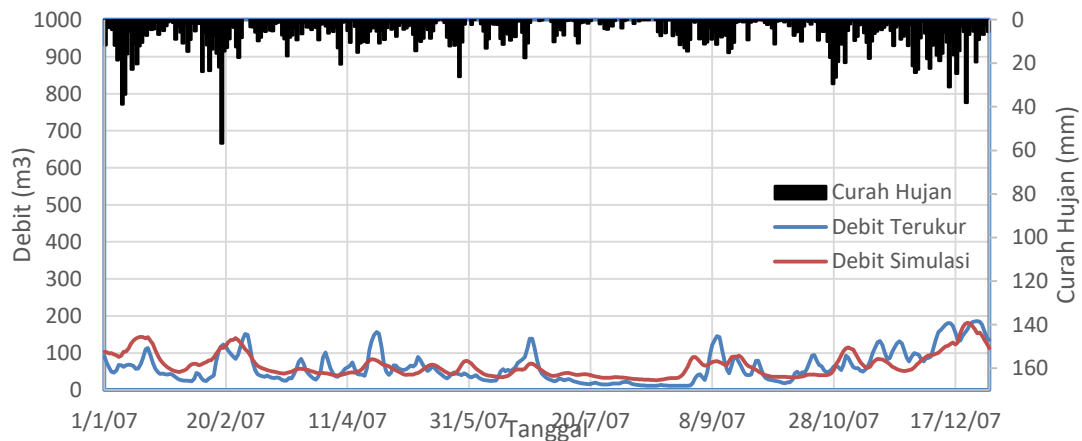
No	Parameter	Fitted_Value
18	V_ESCO.hru	0,4906
19	V_SLSUBBSN.hru	34,16892
20	V_HRU_SLP.hru	0,30686
21	V_SURLAG.bsn	13,15405
22	V_CH_K2.rte	394,1366
23	V_CH_N2.rte	0,19367
24	V_ALPHA_BNK.rte	0,5818

Sumber : Analisis, 2014

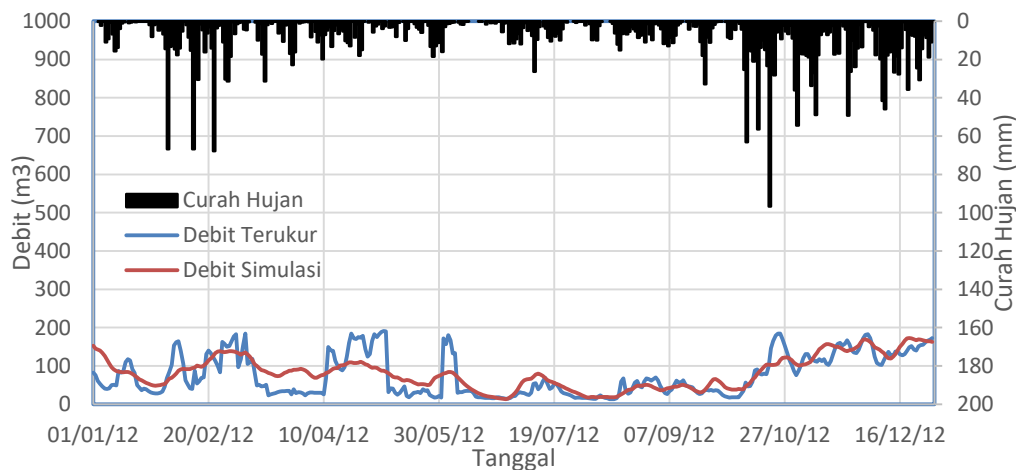
Analisis Debit Dengan Tata Guna Lahan 2012

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 masukan 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.



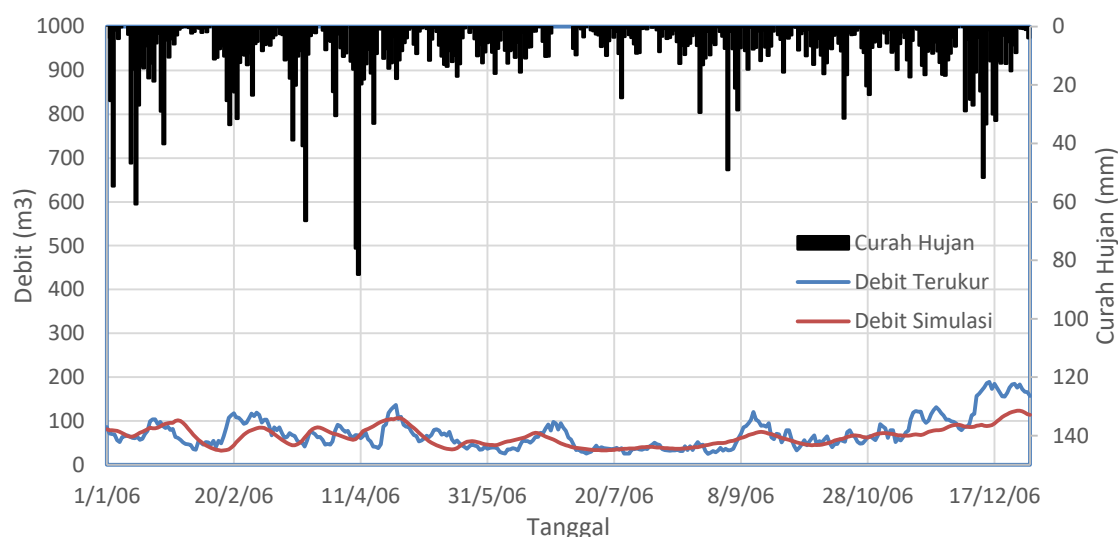
Gambar 5. Perbandingan Grafik Hidrograf Debit Terukur dan Debit Simulasi Tahun 2007 Dengan Kalibrasi. (Sumber : Analisis, 2014)



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	0,1162
2	V_ALPHA_BF.gw	0,3475
3	V_GW_DELAY.gw	64,33
4	V_GWQMN.gw	1507,5
5	V_REVAPMN.gw	107,25
6	V_RCHRG_DP.gw	0,1515
7	V_GW_REVAP.gw	0,17687
8	R_SOL_K(..).sol	10,13425
9	R_SOL_AWC(..).sol	7,39075
10	R_SOL_Z(..).sol	2,01475
11	V_CH_L1.sub	34,985
12	V_CH_S1.sub	3,1875
13	V_CH_K1.sub	216,75002
14	V_CH_W1.sub	888,61151
15	V_OV_N.hru	0,72143
16	V_EPCO.hru	0,5975
17	V_CANMX.hru	0,15
18	V_ESCO.hru	0,9685
19	V_SLSUBBSN.hru	20,15
20	V_HRU_SLP.hru	0,5343
21	V_SURLAG.bsn	11,3845
22	V_CH_K2.rte	348,75
23	V_CH_N2.rte	0,22266
24	V_ALPHA_BNK.rte	0,5845



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

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 sub DAS Tapung. Pada Gambar 7 disajikan perbandingan antara hidrograf hasil pemodelan dengan hidrograf terukur di lapangan untuk kondisi parameter yang sama pada saat kalibrasi tapi 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 ($>0,4$) dan NS sebesar 0,46 ($>0,36$) untuk debit harian.

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 Siak berlokasi di Tapung ini.

Parameter tersebut adalah : (i) RCHRG_DP.gw (gaya gesekan perkolasi pada akuifer pada proses resapan air tanah), (ii) respon unit hidrologi (HRU_SLP), (iii) awal SCS curve number pada limpasan untuk kondisi kelembaban II (CN2), (iv) konduktivitas pada kondisi hidrolis jenuh (SOL_K), (v) panjang

rata-rata kemiringan (SLSUBBSN), (vi) aliran alpha untuk penyimpanan air dalam memberikan kontribusi aliran ke saluran utama (ALPHA_BNK), (vii) kedalaman ambang batas air di akuifer dangkal (GWQMN) , dan (viii) air tanah "koefisien revap" yaitu air dikeluarkan dari batas kapiler yang diganti oleh air akuifer dasar (GW_REVAP). 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).

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. Terdapat kecenderungan ketersediaan air di DAS Siak mengalami penurunan. Tabel 7 adalah perhitungan nisbah Q_{maks}/Q_{min} pada setiap tahun yang disimulasikan yaitu tahun 2002, 2007 dan 2012.

Tabel 6. Analisa Sensitivitas Untuk Parameter Terkalibrasi

No	Parameter	P-Value	No	Parameter	P-Value
1	RCHRG_DP.gw	0.00	13	SOL_Z(..).sol	0.14
2	HRU_SLP.hru	0.00	14	CH_S1.sub	0.22
3	CN2.mgt	0.00	15	EPCO.hru	0.35
4	SOL_K(..).sol	0.00	16	CH_L1.sub	0.36
5	SLSUBBSN.hru	0.00	17	ESCO.hru	0.36
6	ALPHA_BNK.rte	0.00	18	REVAPMN.gw	0.41
7	GWQMN.gw	0.00	19	CANMX.hru	0.43
8	GW_REVAP.gw	0.00	20	CH_N2.rte	0.63
9	CH_K2.rte	0.01	21	CH_W1.sub	0.65
10	OV_N.hru	0.01	22	ALPHA_BF.gw	0.70
11	CH_K1.sub	0.08	23	SOL_AWC(..).sol	0.73
12	SURLAG.bsn	0.10	24	GW_DELAY.gw	0.99

(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 menurunnya luasan hutan dan meningkatnya luasan kelapa sawit, pemukiman 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 dan 9.

Namun pada tahun 2007 terjadi penurunan nilai nisbah dari 10.72 menjadi 6.83. Angka nisabah 2007 ini relatif lebih baik dari tahun 2002. Hal ini disebabkan karena: (i) penurunan areal perkebunan kelapa sawit dari 76.249 ha menjadi 75.947 ha pada periode 2002-2007 (menebang pohon kelapa sawit tua dan penanaman kembali yang baru), (ii) peningkatan luas hutan tanaman industri 17.054 ha menjadi 20.117 ha, (iii) peningkatan luas ruang terbuka hijau dari 2.553 ha menjadi 6.331 ha, sehingga ini dapat mempengaruhi untuk mengurangi jumlah limpasan air .

Oleh karena itu rasio Q_{max}/Q_{min} cenderung lebih baik pada tahun 2002 menjadi 2007 (10,72 menjadi 6,83). Namun pada tahun 2007 terjadi penurunan nilai nisbah dari 10.72

menjadi 6.83. Angka nisabah 2007 ini relatif lebih baik dari tahun 2002. Hal ini disebabkan karena: (i) penurunan areal perkebunan kelapa sawit dari 76.249 ha menjadi 75.947 ha pada periode 2002-2007 (menebang pohon kelapa sawit tua dan penanaman kembali yang baru), (ii) peningkatan luas hutan tanaman industri 17.054 ha menjadi 20.117 ha, (iii) peningkatan luas ruang terbuka hijau dari 2.553 ha menjadi 6.331 ha, sehingga ini dapat mempengaruhi untuk mengurangi jumlah limpasan air . Oleh karena itu rasio Q_{max}/Q_{min} cenderung lebih baik pada tahun 2002 menjadi 2007 (10,72 menjadi 6,83).

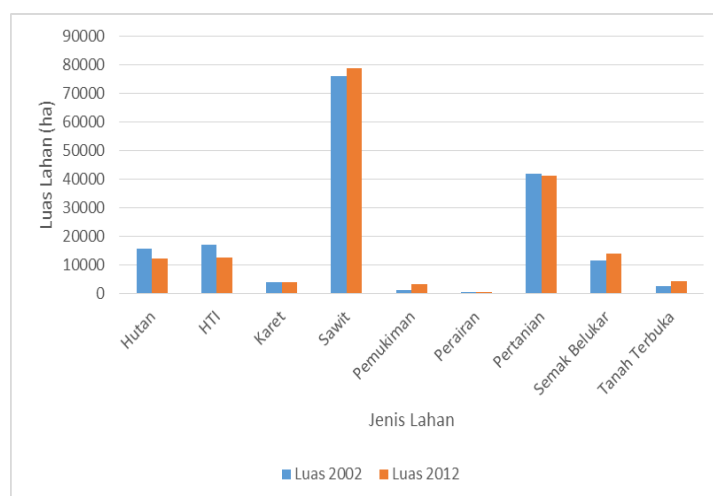
Secara makro ditahun 2007 curah hujan terjadi hampir merata pada setiap bulannya sehingga tidak terjadi perbedaan yang jauh antara Q_{max} dan Q_{min} . Perubahan tata guna lahan antara tahun 2002 dan 2007 dapat dilihat pada gambar 9.

Walaupun mengalami penurunan dan peningkatan nilai nisbah Q_{maks}/Q_{min} dari tahun 2002, 2007 dan 2012, nilai nisbah Q_{maks}/Q_{min} sub DAS Tapung secara umum cenderung untuk naik, sehingga ketersediaan air tanah cenderung menurun.

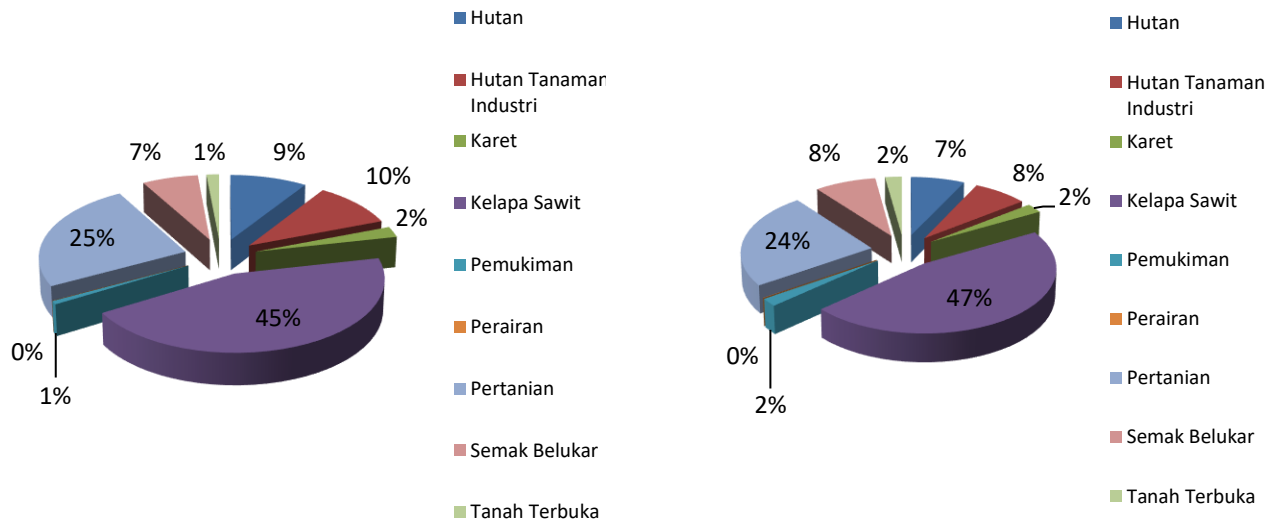
Tabel 7. Perhitungan Nisbah Q_{maks}/Q_{min}

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)



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



Gambar 9. Pola Tata Guna Lahan, 2002 dan 2012

KESIMPULAN

Pola Tata guna lahan Sub DAS Tapung didominasi sektor perkebunan kelapa sawit (>45%), dan pertanian 24% dan terjadi peningkatan 2% dalam periode 2002-2012. Sedangkan area hutan terjadi penurunan dari 9% menjadi 7%. Berdasarkan Uji kehandalan model hidrologi dengan data terukur di lapangan yaitu stasiun AWLR Pantai cermin dihasilkan koefisien determinasi $R^2 = 0.51$ dan $NS = 0.48$, sedangkan pada tahun 2012 memberikan nilai $R^2 = 0.59$ dan $NS = 0.58$. Sedangkan berdasarkan validasi dengan menggunakan data tahun 2006 diperoleh 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 memuaskan dengan hasil $R^2 > 0.4-0,7$ dan $NS > 0.36-0,75$. Diidentifikasi 5 parameter paling sensitif dalam memodelkan hidrologi berdasarkan SWAT yaitu pada bagian *groundwater*, *hru*, *soil*, *routing* dan *management*. Sedangkan hasil perhitungan nisbah Q_{maks}/Q_{min} pada tahun 2002, 2007 dan 2012 secara berturut-turut adalah 10,72, 6,83 dan 12,95. Hasil ini menunjukkan dari tahun 2002 hingga 2012 sub DAS Tapung mengalami kecenderungan penurunan ketersediaan air tanah.

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.
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Srinivasan R, Williams JR. 2005. Soiland Water Assessment Tool, Theoretical Documentation Version 2005. Grassland Soiland Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, Blackland Research Center-Texas Agricultural Experiment Station. USA.
- Purbawa, G.A. dan Wirajaya, 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