

KALIBRASI MODEL HIDROLOGI PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN PADA SUB DAS KAMPAR KANAN DALAM PROGRAM HEC-HMS

Ferry Virgiawan¹⁾, Bambang Sujatmoko²⁾, Mudjiatko²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

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

Email : ferry.virgiawan@yahoo.com

Kampar Kanan watershed has experienced landuse changes in the recent years. It is important to be able to study about the magnitude of runoff changes due to landuse changes in Kampar Kanan watershed. Hidrologic model was extracted from HEC-GeoHMS in GIS environment to model Kampar Kanan Watershed and the effect of landuse changes on the watershed.

Analysis and calibration using HEC-HMS was conducted on hydrologic model. Calibration was conducted based on observed streamflow of AWLR Danau Bingkuang and gave the value of optimized parameters which are, 120% of the initial estimated value for curve number and 150% of the initial estimated value for initial abstraction. Runoff simulation using optimized parameters and inputs of frequency storm with exceedence probability of 2% yields the streamflow magnitude of 641 cms and 617 cms for landuse simulation of 2008 and 2014 respectively. The results of HEC-HMS calculation showed a 3.7% decrease in runoff streamflow on Kampar Kanan watershed.

Keywords : Calibration, hydrologic model, landuse changes, watershed, HEC-HMS,

A. PENDAHULUAN

Suatu daerah aliran sungai (DAS) yang menyuplai suatu sungai memiliki beragam sifat yang dapat mempengaruhi aliran permukaan pada daerah aliran tersebut apabila diberikan presipitasi. Salah satu sifat tersebut adalah tata guna lahan. Sub DAS Kampar Kanan dengan luas $\pm 3920 \text{ km}^2$ merupakan suatu daerah aliran sungai dengan beragam jenis peruntukan tata guna lahan. Sub DAS Kampar Kanan terletak pada sistem daerah aliran yang lebih besar yaitu DAS Kampar. Sub DAS Kampar Kanan memiliki peran yang sangat penting selain karena sebagai daerah tangkapan bagi Sungai Kampar, juga sebagai lokasi dimana waduk untuk PLTA Koto Panjang terdapat. Sub DAS ini juga memiliki satu stasiun pencatat debit untuk Sungai Kampar yaitu Stasiun AWLR Danau Bingkuang.

Dalam beberapa tahun terakhir telah terjadi perubahan tata guna lahan di sub DAS Kampar Kanan seperti perubahan lahan pertanian menjadi lahan perkebunan sawit yang juga berpengaruh terhadap

debit AWLR Danau Bingkuang sebagai outlet dari sub DAS Kampar Kanan. Memprediksi perubahan tata guna lahan dan pengaruhnya terhadap ketersediaan air, risiko banjir dan tingkat erosi untuk negara yang berkembang dengan cepat merupakan suatu hal yang penting (Koch, et al, 2012). Lahan hutan yang merupakan komponen utama pengendali aliran permukaan dapat mengalami perubahan baik berupa penurunan atau penambahan pada tahun-tahun yang akan datang. Penelitian sebelumnya mengenai dampak perubahan tata guna lahan yang dilakukan oleh Firdaus (2014) pada sub DAS Kampar Kiri menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan mengakibatkan kenaikan debit aliran permukaan pada sub DAS Kampar Kiri.

HEC-HMS dapat digunakan untuk melakukan permodelan hidrologi dengan bantuan HEC-GeoHMS sebagai ekstensi pada program GIS. Permodelan hidrologi merupakan suatu proses yang kompleks dan harus dikalibrasi untuk memastikan keandalan hasil perhitungan program.

Kalibrasi yang tersedia pada program ini dapat memodelkan suatu daerah aliran sesuai dengan karakteristik yang sebenarnya (Begam et al, 2013).

Terjadinya perubahan lahan di sub DAS Kampar Kanan telah berlangsung dari tahun ke tahun sehingga diperlukan suatu model hidrologi yang terkalibrasi untuk mengetahui besarnya perubahan debit aliran permukaan yang terjadi akibat adanya perubahan tata guna lahan pada sub DAS Kampar Kanan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Model Hidrologi

Daerah aliran (*watershed* atau *catchment area*) adalah daerah yang menyuplai sebuah sistem sungai, dan atau reservoir. Keseluruhan daerah aliran terdiri atas daerah-daerah aliran yang lebih kecil yang menyuplai air ke sungai utama serta sebagai tangkapan langsung yang mengalirkan air langsung ke danau atau sungai utama. Menurut Soemarto (1986), daerah pengaliran sungai adalah suatu sistem yang merubah curah hujan (atau *input*) ke dalam debit (atau *output*, respon) di pelepasannya (*outlet*). Daerah pengaliran sungai merupakan sistem yang kompleks dan heterogen yang terdiri atas beberapa sub sistem di mana sub sistem tersebut dapat dianggap homogen. Suatu model hidrologi diperlukan untuk untuk memodelkan kondisi atmosferik suatu daerah aliran yang kompleks dalam bentuk jaringan aliran. Model hidrologi ini dapat dibuat dari data DEM dengan menggunakan bantuan program seperti HEC-GeoHMS dan HEC-HMS.

2. Kalibrasi Model Hidrologi

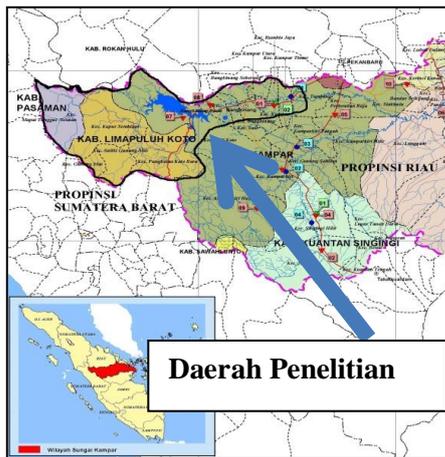
Kalibrasi pada program HEC-HMS dilakukan dengan berdasarkan kepada debit puncak hasil simulasi dan debit puncak di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan model hidrologi yang mendekati keadaan di lapangan. Kalibrasi pada program HEC-HMS dilakukan dengan cara optimasi

parameter (*Parameter Optimization*). Perkiraan parameter merupakan suatu proses mengadaptasi suatu model umum untuk suatu daerah aliran (HEC, 2013). Produk utama dari proses kalibrasi ini adalah parameter-parameter yang teroptimasi. Simulasi dengan menggunakan parameter yang telah dioptimasi ini nantinya akan memberikan hidrograf dengan debit puncak yang mendekati debit puncak yang tercatat di lapangan. Pengukuran kualitatif kecocokan antara hasil perhitungan dari model dengan debit lapangan disebut *objective function*. Untuk melakukan kalibrasi diperlukan perkiraan parameter awal kemudian di sesuaikan berdasarkan debit lapangan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang mendekati keadaan di lapangan sedekat mungkin. Percobaan-percobaan kalibrasi dilakukan secara otomatis dengan menggunakan program HEC-HMS namun berdasarkan kriteria-kriteria kalibrasi yang telah ditentukan oleh pengguna serta harus tetap berada pada nilai-nilai batas penyesuaian parameter yang telah diberikan oleh HEC-HMS. Walaupun perkiraan parameter dengan optimalisasi tidak memberikan hasil yang sempurna, namun dapat menjadi alat bantu yang berguna dalam pengkalibrasian model.

C. METODE PENELITIAN

1. Daerah Studi dan Model Hidrologi

Penelitian dilakukan pada daerah aliran Kampar Kanan. Daerah aliran Kampar kanan memiliki luas total ± 3980 km². Daerah studi dibatasi hanya pada daerah-daerah aliran yang berkontribusi terhadap limpasan pada Stasiun AWLR Danau Bingkuang yaitu seluas 3226 km². Daerah studi mencakup satu stasiun pencatat hujan yaitu stasiun Pasar Kampar, satu stasiun klimatologi yaitu Stasiun Pasar Kampar, dan satu tampungan/*reservoir* yaitu Bendungan Koto Panjang.



Gambar 1. Daerah Penelitian
Sumber : BWS III Provinsi Riau

Karakteristik daerah aliran didapatkan dari pengolahan data DEM dengan menggunakan program HEC-GeoHMS dalam lingkungan GIS. Model hidrologi dibuat dengan menggunakan program HEC-HMS. Elemen-elemen hidrologi yang digunakan pada model yaitu *subbasin*, *junction*, *reach*, *reservoir* untuk memodelkan waduk Kotopanjang dan *sink* untuk memodelkan stasiun AWLR Danau Bingkunang. Debit aliran permukaan dihitung dengan metode kehilangan SCS dan metode transformasi hidrograf satuan SCS. Parameter-parameter kehilangan dan transformasi diperkirakan untuk melakukan simulasi aliran permukaan dengan menggunakan data hujan lapangan.

2. Simulasi dan Kalibrasi HEC-HMS

Simulasi hujan dengan menggunakan data hujan lapangan dan perkiraan parameter daerah aliran awal untuk menghasilkan hidrograf aliran permukaan yang akan digunakan sebagai dasar kalibrasi. Kalibrasi awal dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter perkiraan dengan skala 1. Proses kalibrasi akan menghasilkan skala parameter beserta sensitifitas untuk masing-masing

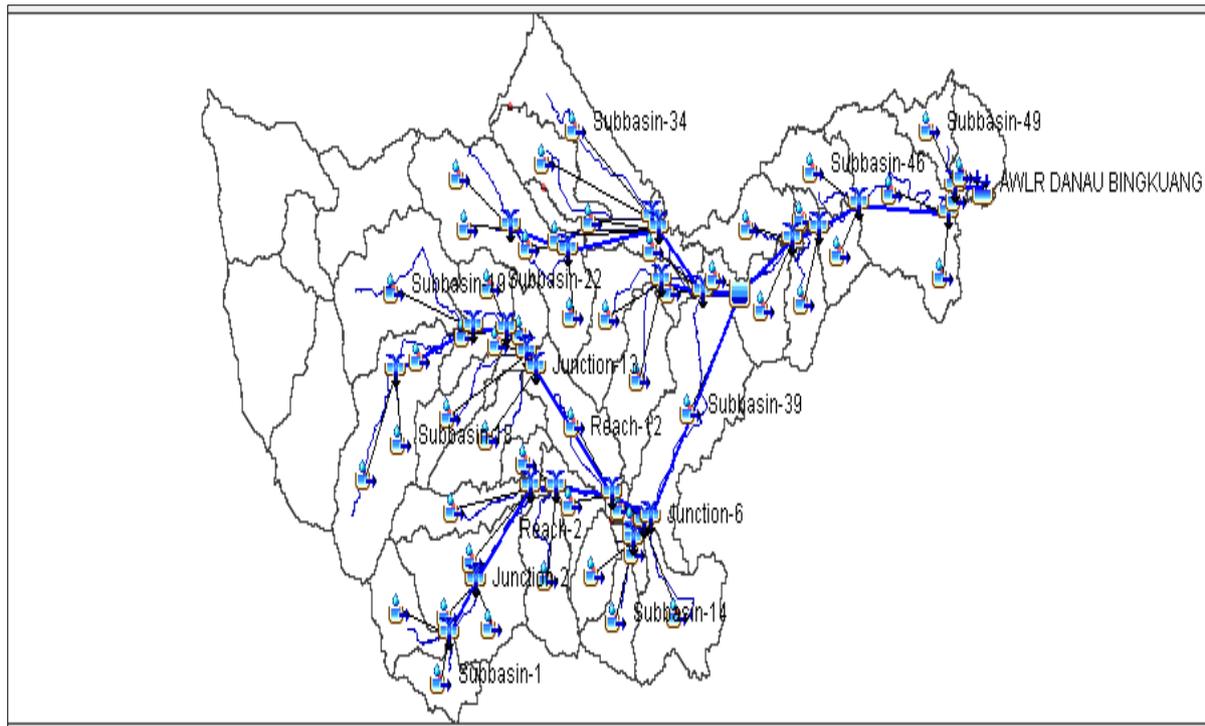
parameter tersebut. Kalibrasi selanjutnya dilakukan dengan berdasarkan kepada hasil kalibrasi sebelumnya dengan mempertimbangkan parameter yang paling sensitif. Parameter yang dikalibrasi adalah parameter *Curve Number* dan *Initial Abstraction* untuk metode kehilangan serta parameter *Time Lag* untuk metode transformasi.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Model Hidrologi

Model hidrologi dibuat pada program HEC-HMS berdasarkan skema permodelan yang dibuat pada program HEC-GeoHMS dalam lingkungan GIS. Pada model hidrologi terdapat beberapa sub-daerah aliran yang terletak pada daerah genangan Waduk Kotopanjang. 51 *subbasin* dimodelkan sebagai elemen pada program HEC-HMS. Parameter kehilangan dibuat masing-masing untuk tata guna lahan tahun 2008 dan tahun 2014.

Model hidrologi juga mencakup penentuan metode kehilangan, metode transformasi hujan-limpasan, komponen model meteorologi, komponen spesifikasi kontrol dan komponen data pasangan. Metode *SCS Curve Number* dipilih sebagai metode kehilangan sementara metode *SCS Unit Hydrograph* dipilih sebagai metode transformasi hujan-limpasan. Metode hujan frekuensi dipilih sebagai metode pada komponen model meteorologi. Waktu simulasi pada komponen spesifikasi kontrol diatur pada tanggal 1 Januari 2009 pukul 00:00 sampai 3 Januari 2009 pukul 00:00. Data Simpanan-Debit dipilih sebagai data pasangan untuk *reservoir*.



Gambar 2. Model hidrologi HEC-HMS

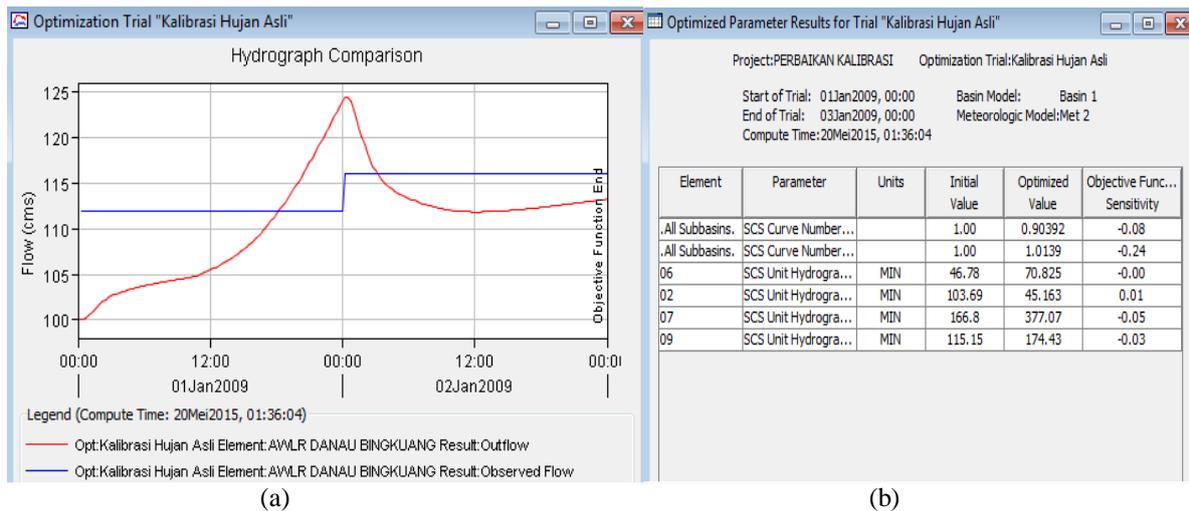
2. Perhitungan dan Kalibrasi HEC-HMS

Simulasi hujan lapangan dilakukan dengan menggunakan data hujan yang didapat dari stasiun hujan Pasar Kampar. Parameter-parameter kehilangan dan transformasi yang digunakan adalah parameter-parameter untuk tata guna lahan tahun 2008. Hidrograf simulasi hujan lapangan ditunjukkan pada gambar 12. Hasil simulasi hujan lapangan menunjukkan debit pada outlet daerah aliran sebesar 136,5 m³/detik sementara debit lapangan sebesar 116 m³/detik.

Proses Kalibrasi dilakukan pada hasil simulasi hujan lapangan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang mendekati keadaan di lapangan. Proses kalibrasi juga dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter perhitungan yang optimal dan hanya mengacu pada debit puncak hitungan maupun lapangan (tidak memasukkan

pengaruh volume limpasan). Dari tiga parameter yang dioptimasi, parameter *curve number* dikurangi dari nilai perkiraan untuk mendapatkan aliran permukaan yang lebih kecil dan mendekati nilai di lapangan. Parameter *initial abstraction* ditambah karena nilai ini dapat mengurangi besarnya aliran permukaan. Parameter *time lag* hanya diubah pada sub daerah aliran yang berdekatan dengan titik *outlet* saja.

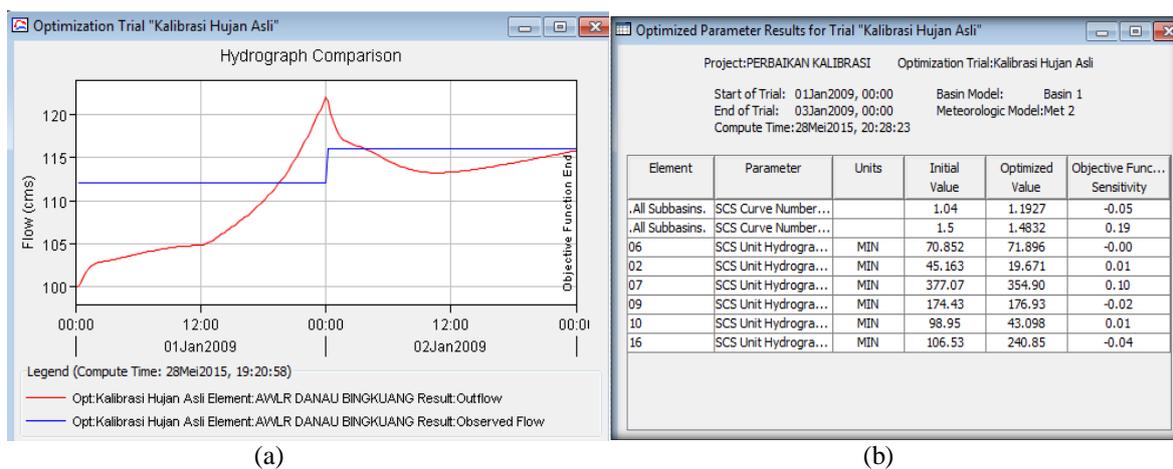
Kalibrasi awal menghasilkan skala optimasi parameter dan persentase perbedaan antara debit hitungan dan debit lapangan sebesar 7,2. Debit hasil kalibrasi awal didapat sebesar 124,4 m³/detik (gambar 3.a). Dari ketiga parameter yang dapat dioptimasi (gambar 3.b) parameter *initial abstraction* memiliki sensitivitas paling tinggi karena perubahan parameter pada sub daerah ini akan berpengaruh besar terhadap limpasan.



Gambar 3. Hasil kalibrasi awal. (a) Hidrograf, (b) Skala parameter

Kalibrasi awal menunjukkan persentase perbedaan yang masih cukup besar sehingga diperlukan kalibrasi selanjutnya dengan menggunakan data hasil kalibrasi awal. Pada kalibrasi selanjutnya nilai awal *initial abstraction* ditetapkan dengan skala 1,5 dan nilai awal *curve number* ditetapkan dengan skala 1,04 serta nilai *time lag* untuk beberapa elemen *subbasin* yang berdekatan dengan titik *outlet*. Persentase perbedaan yang didapat dari kalibrasi terakhir ini adalah sebesar 4,8%. Hasil kalibrasi (gambar 4.a) menunjukkan nilai debit puncak sebesar

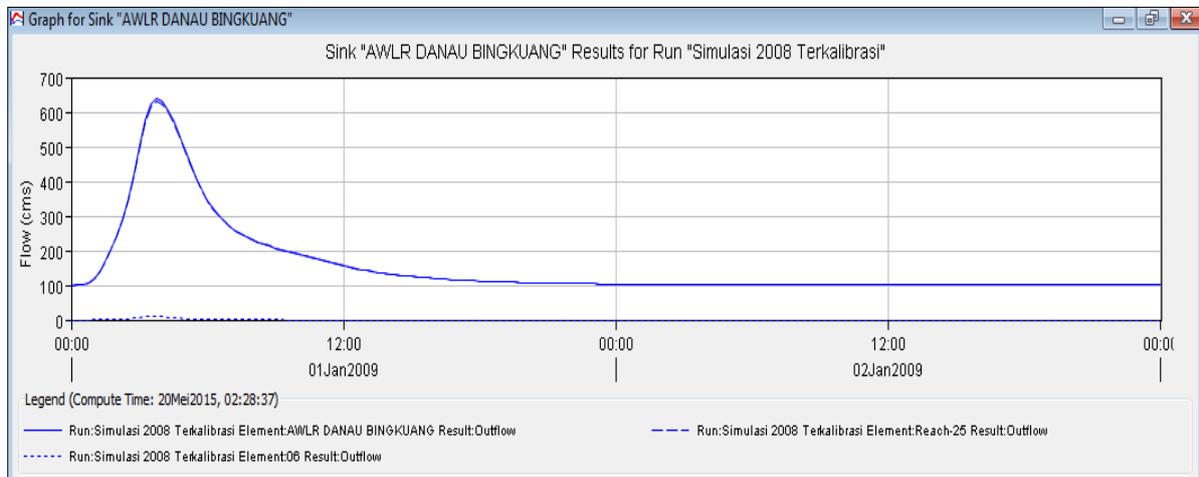
121,4 m³/detik terhadap debit lapangan sebesar 116,0 m³/detik serta parameter hasil kalibrasi yang telah teroptimasi (gambar 4.b). Kalibrasi ini memberikan parameter yang lebih akurat dibandingkan kalibrasi sebelumnya. Perbandingan skala parameter perkiraan sebelumnya dengan skala parameter hasil kalibrasi akhir tidak menunjukkan perbedaan yang besar yang menandakan bahwa perkiraan nilai parameter telah tepat. Berkurangnya sensitifitas parameter *initial abstraction* juga mengindikasikan proses kalibrasi yang lebih akurat.



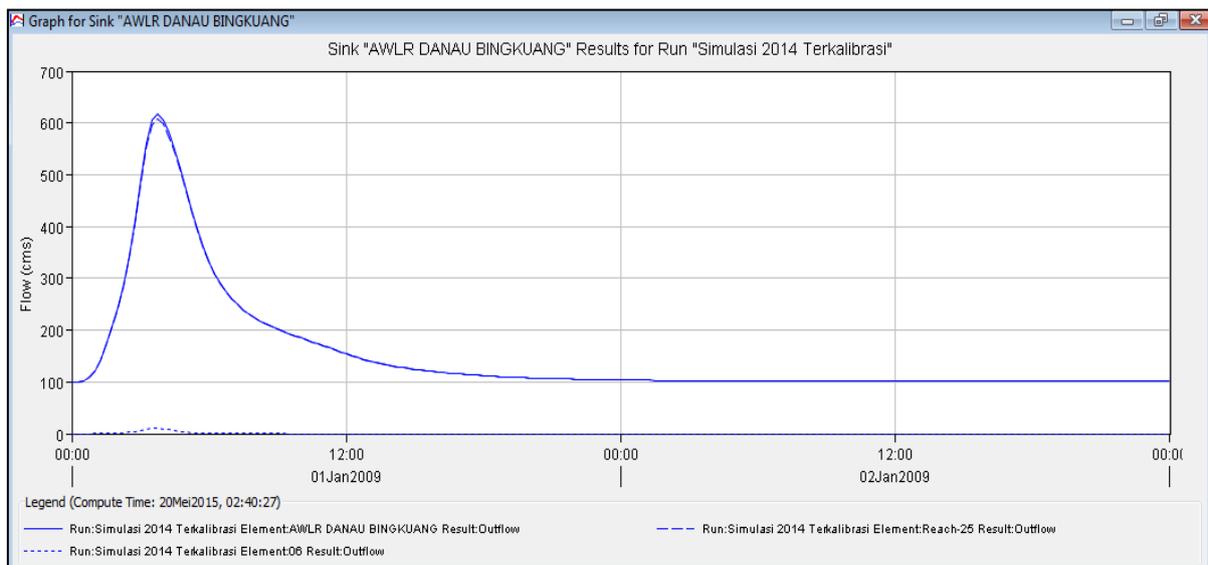
Gambar 4. Hasil kalibrasi akhir. (a) Hidrograf, (b) Skala parameter

Simulasi tata guna lahan untuk tahun 2008 dan 2014 dilakukan untuk mengetahui besar perubahan aliran permukaan. Parameter-parameter daerah aliran yang digunakan adalah parameter daerah aliran untuk masing-masing tata

guna lahan yang di optimasi dengan menggunakan skala hasil kalibrasi. Model meteorologi yang digunakan adalah hujan frekuensi dengan kala ulang 50 tahun dan hujan jam-jaman dengan durasi hujan 3 jam



Gambar 5. Simulasi tata guna lahan tahun 2008



Gambar 6. Simulasi tata guna lahan tahun 2014

Hasil simulasi tata guna lahan tahun 2008 menunjukkan debit puncak pada stasiun AWLR Danau Bingskuang sebesar $641 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil simulasi tata guna lahan tahun 2014 menunjukkan debit puncak pada stasiun AWLR Danau Bingskuang sebesar $615 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Debit puncak yang didapatkan dari hasil perhitungan menunjukkan adanya penurunan debit aliran permukaan sebesar 3,7% pada tahun 2014 dari debit puncak tahun 2008.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kalibrasi dan simulasi yang dilakukan terhadap model hidrologi pada program HEC-HMS untuk menganalisa besar aliran permukaan akibat perubahan tata guna lahan, di dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil kalibrasi menghasilkan parameter-parameter daerah aliran yang telah dioptimasi. *Curve Number* untuk seluruh daerah aliran sebesar 119% dari nilai *Curve Number* perkiraan awal. *Initial Abstraction* untuk seluruh daerah aliran sebesar 148% dari nilai *Initial Abstraction* awal. Nilai *Time Lag* hanya untuk untuk daerah aliran , 06, 02, 07, 09, 10 dan 16.
- b. Simulasi aliran permukaan untuk tata guna lahan tahun 2008 memberikan debit sebesar 641 m³/detik dan simulasi aliran permukaan untuk tata guna lahan tahun 2014 memberikan debit sebesar 617 m³/detik dan terjadi penurunan debit pada *outlet* Stasiun AWLR Danau Binguang sebesar 3,7% dari tahun 2008..

F. SARAN

Terdapat banyak metode perhitungan yang dapat dilakukan pada program HEC-HMS misalnya metode *Initial* dan *Constant*, eksponensial, Green-Ampt, Smith Parlange, *Soil Moisture Accounting*, untuk menghitung kehilangan hujan dan metode Clark atau hidrograf unit Snyder, gelombang kinematik, ModClark, dan hidrograf buatan pengguna untuk menghitung debit puncak. Masing-masing metode tersebut memiliki beragam persyaratan ketersediaan

datanya masing-masing. Selain metode perhitungan, program HEC-HMS juga dapat melakukan analisa-analisa untuk keperluan yang lain misalnya analisa kedalaman-area, analisa sedimen, peramalan aliran, dan analisa lain yang disediakan oleh HEC-HMS. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan analisa-analisa yang berbeda dengan menggunakan metode-metode perhitungan yang yang tersedia.

G. DAFTAR PUSTAKA

Begam, et al. 2013. *Calibration and Validation of HEC-HMS Model for a River Basin in Eastern India*. ARPN Journal of Engineering and Applied Science.

Firdaus, 2014. *Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Banjir di Sub DAS Kampar Kiri (Studi Kasus Sub DAS Kampar Kiri)*. Pekanbaru : Universitas Riau

Koch, et al, 2012. *The Effect of Land Use Change on Hydrological Responses in the Choce Mountain Range (Ethiopia) – A New Approach Addressing Land Use Dynamics in The Model SWAT*. Leipzig : International Environmental Modeling and Software Society

Scharrffenberg, William A. 2013. *Hydrologic Modelling System HEC-HMS Users Manual Version 4.0*. Davis: U.S Corps of Engineering Hydrologic Engineering Center HEC

Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik* Surabaya : Usaha Nasional