

Penggunaan Data Satelit Untuk Pemodelan Hidrologi Dan Analisis Banjir Di Sub-DAS Rokan Stasiun Lubuk Bendahara

Ariani Karunia¹⁾, Yohanna Lilis Handayani²⁾, Sigit Sutikno³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ^{2)&3)} Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru 28293
email : ariani.karunia18@gmail.com

ABSTRACT

Many rules were did to overcome flood problem which one to use remote sensing in hydrological modeling with data-based satellite. This research conduct hydrological modeling using satellite data with Integrated Flood Analysis System (IFAS) version 1.3.0 for the analysis of the flood discharge at the sub-watershed Rokan Hulu at AWLR Lubuk Bendahara Station. Satellite data of hidrological modeling was the data in February 2012. The rainfall satellite data are used GSMaP_NRT original and corrected in the form of rainfall data hourly. The parameters used to assess the accuracy of the model is wave shape error (Ew), volume error (Ev), and peak discharge error (Ep). To get a percentage of a small error was did calibration parameters IFAS. The result of calibration Ew, Ev, and Ep are 9,58%, 17,28%, and Ep 10,81% for GSMaP_NRT original. The results of GSMaP_NRT corrected are 134,94%, 101,89%, and 18,37% .

Keywords : hydrological modeling, flood analysis, satellite data, IFAS, calibration

PENDAHULUAN

Banjir adalah salah satu bencana yang sering menimpa Indonesia sejak lama. Banjir menjadi permasalahan yang sangat diperhatikan, karena telah dilakukan berbagai upaya untuk menanganinya tetapi belum juga mencapai titik yang diharapkan. Penanganan bencana banjir yang diambil sering kali tidak mencapai sasaran yang diharapkan. Hal ini disebabkan oleh kajian dan prediksi banjir yang belum akurat.

Banyak cara yang dilakukan untuk menangani masalah banjir salah satu yang digunakan yaitu menggunakan penginderaan jauh.

Arini (2005) dalam Isnaini, dkk (2013) menjelaskan bahwa penginderaan jauh adalah suatu teknologi yang mampu melakukan pemantauan dan identifikasi segala macam hal yang ada di permukaan bumi melalui citra satelit maupun foto udara yang diolah dengan menggunakan fasilitas Sistem Informasi geografis (SIG).

Penelitian ini melakukan pemodelan hidrologi menggunakan data-data satelit dengan alat bantu program, yaitu *Integrated Flood Analysis System* (IFAS) untuk analisis debit banjir pada Sub-DAS Rokan dengan kalibrasi model hidrologi yang menggunakan data pengukuran debit dari Stasiun

AWLR Lubuk Bendahara. Data historis kejadian banjir pada daerah ini adalah pada saat 26 Desember 1993 - 6 Februari 1994, 1 Januari – 5 Februari 1995, 28 Desember 1997 - 1 Februari 1998, 5 Desember 2004 - 2 Januari 2005, 3 - 31 Oktober 2005 (Anonim, 2008). Berdasarkan permasalahan ini dilakukan penelitian dengan tujuan dapat membantu mengatasi banjir di daerah Sub-DAS Rokan Stasiun Lubuk Bendahara, Rokan Hulu.

Penggunaan data satelit untuk pemodelan hidrologi dan klimatologi berkembang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir ini seiring dengan perkembangan teknologi penginderaan jauh berbasis satelit menggunakan program IFAS. Teknologi ini telah berhasil diterapkan dalam penelitian yang dilakukan di Indonesia maupun negara lainnya. Penelitian terkini menggunakan data satelit dengan program bantu IFAS telah dilakukan di beberapa wilayah yang ada di Riau untuk analisis banjir (Handayani, 2015). Beberapa penelitian terkini lainnya yang berhasil memanfaatkan data satelit ini dilakukan oleh Aziz dan Tanaka (2011), Hamiddudin, dkk (2013), Hasan, dkk (2013), Isnaini, dkk (2013), Mardhotillah, dkk (2014), dan Sutikno (2014a).

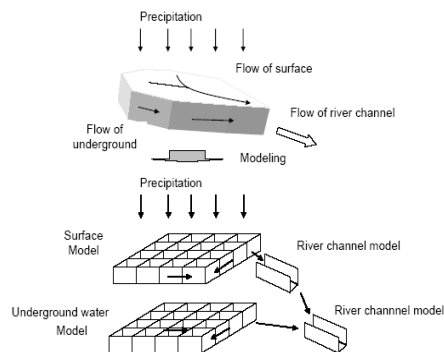
Program bantu yang digunakan penelitian ini adalah IFAS versi 1.3.0. IFAS merupakan program (software) yang bisa digunakan untuk pemodelan hidrologi yang dikembangkan oleh *International Centre for Water Hazard and Risk Management* (ICHARM). IFAS dikembangkan berbasis Sistem Informasi Geografis untuk membuat

jaringan saluran sungai dan mengestimasi parameter-parameter standar dalam analisis limpasan sehingga hasilnya bisa ditampilkan berdasarkan data-data satelit dan data-data curah hujan yang ada di lapangan. Data – data satelit yang akan digunakan dapat diunduh melalui program bantu IFAS, seperti : data hujan, data tata guna lahan, data elevasi, data tanah, dan data curah hujan pada DAS yang akan dianalisis. Data hujan satelit yang digunakan adalah GSMaP_NRT. Data hujan ini tersedia berupa data curah hujan jam-jaman. GSMaP_NRT terdiri dari dua jenis yaitu GSMaP_NRT *original* dan GSMaP_NRT *corrected*. GSMaP_NRT *original* menyediakan data pergerakan hujan langsung dari rekaman satelit berdasarkan koordinat yang input. Menurut Shiraishi, dkk (2009) dalam Sugiura (2014) GSMaP_NRT *corrected* memiliki pergerakan daerah curah hujan dengan distribusi hujan yang lebih merata dan koefisien yang dapat disesuaikan.

Dalam IFAS, terdapat model tangki yang telah dimodifikasi berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan *Public Works Research Institute* (PWRI) dari Jepang menjadi *The Distributed Model of PWRI*. Dimana model ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *surface model*, *underground water model*, dan *river channel model* yang dapat dilihat pada Gambar 1.

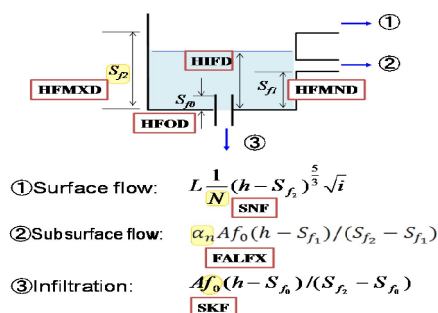
1. *Surface model* (Model Permukaan)

Surface model merupakan tangki yang membagi curah hujan menjadi aliran permukaan (*flow of surface*),



Gambar 1. Skema Model tangki PWRI *Distributed Model* dalam IFAS

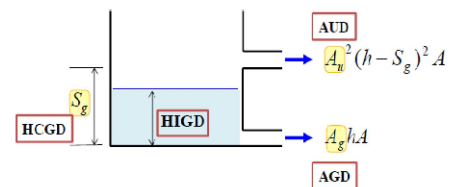
aliran intermediet (*rapid intermediate outflow*), dan aliran infiltrasi (*ground infiltration flows*), pada Gambar 2. Aliran permukaan dan intermediet dihitung berdasarkan Hukum Manning. Aliran infiltrasi dihitung berdasarkan Hukum Darcy. Lapisan tangki *surface* memiliki 7 parameter yang akan digunakan untuk dasar kalibrasi yaitu kapasitas infiltrasi akhir (SKF), tinggi tampungan maksimum (HFMXD), tinggi aliran antara (HFMND), tinggi dimana infiltrasi terjadi (HFOD), koefisien kekasaran permukaan (SNF), koefisien pengaturan aliran antara (FALFX), dan tinggi tampungan awal (HIFD).



Gambar 2. Konsep Skema Aliran Pada Model Permukaan

2. *Underground water model* (Model Air Tanah)

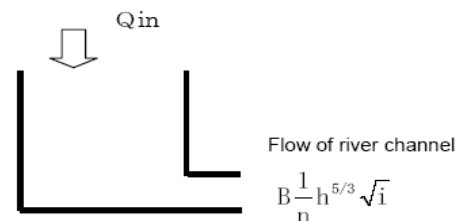
Tangki pada model ini dibagi menjadi aliran *unconfined* dan *confined*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar Parameter yang berperan dari underground water tank adalah koefisien pengaturan aliran antara (AUD), koefisien aliran dasar (AGD), tinggi tampungan dimana aliran antara terjadi (HCGD), dan tinggi tampungan awal (HIGD).



Gambar 3. Konsep Model Tangki Pada Model Air Tanah

3. *River Channel Model* (Model Alur Sungai)

Model ini dihitung berdasarkan persamaan Manning. Konfigurasi dari model ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Konsep Model Tangki Pada Model Alur Sungai

Evaluasi ketelitian model dilakukan dengan cara membandingkan debit hasil simulasi dengan debit terukur yang tersedia. Dengan menggunakan tiga

indikator yaitu, kesalahan bentuk gelombang (*wave shape error*), kesalahan volume (*volume error*), dan kesalahan debit puncak (*peak discharge error*) yang didefinisikan oleh *Jepang Institute of Construction Engineering* (JICE).

1. Kesalahan Bentuk Gelombang (*Wave shape Error*)

$$E_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{o(i)} - Q_{c(i)}}{Q_{o(i)}} \right)^2 \quad (1)$$

2. Kesalahan Volume (*Volume Error*)

$$E_v = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{o(i)} - \sum_{i=1}^n Q_{c(i)}}{\sum_{i=1}^n Q_{o(i)}} \quad (2)$$

3. Kesalahan Debit Puncak (*Peak Discharge Error*)

$$E_p = \frac{Q_{op} - Q_{cp}}{Q_{op}} \quad (3)$$

dengan E_w adalah *wave shape error*, E_v *volume error*, E_p *peak discharge error*, $Q_{c(i)}$ debit terhitung, $Q_{o(i)}$ debit terukur, Q_{op} debit puncak maksimum terukur, Q_{cp} debit puncak maksimum terhitung.

Bloschl and Grayson (2000) dalam Indarto (2010) kalibrasi terhadap suatu model adalah proses pemilihan kombinasi parameter. Dengan kata lain, proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respons hidrologi DAS yang teramati dan tersimulasi. Menurut Indarto (2010), pada prinsipnya metode kalibrasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu coba-coba, otomatis, dan kombinasi.

Penelitian ini menggunakan IFAS sebagai program bantu, dimana sistem IFAS memiliki beberapa parameter yang awalnya ditetapkan dengan nilai parameter standar berdasarkan data-data unduhan dari satelit. Untuk menguji kehandalan

model, penelitian ini melakukan kalibrasi model hidrologi yang dibuat. Ada beberapa parameter hidrologi yang harus dikalibrasikan pada pemodelan ini. Sensitivitas parameter-parameter tersebut terhadap respon hidrologi pada tahap kalibrasi model dikaji dalam penelitian (Sutikno, 2014b).

Parameter ini kemudian dikalibrasi dengan menggunakan referensi dari data hidrologi daerah yang diamati (data terukur). Jika tidak memiliki data terukur maka harus menggunakan nilai parameter standar. Pada Tabel 1 berikut ini terdapat penjelasan mengenai cara memilih parameter yang akan dikalibrasi berdasarkan ketersediaan data terukur.

Tabel 1. Pengaturan Parameter IFAS Berdasarkan Ketersediaan Data Terukur

		Data Hidrologi Terukur	
		Ada	Tidak Ada
Data Sungai Terukur	Ada	1. Kalibrasi bisa dilakukan pada parameter <i>surface</i> dan <i>groundwater</i> 2. Parameter <i>river course</i> bisa disesuaikan	1. Parameter <i>river course</i> bisa disesuaikan 2. Menggunakan nilai standar parameter <i>surface</i> dan <i>groundwater</i>
	Tidak Ada	1. Kalibrasi bisa dilakukan pada parameter <i>surface</i> dan <i>groundwater</i> 2. Menggunakan nilai standar parameter <i>river course</i>	1. Menggunakan nilai standar semua parameter model

Sumber : Fukami, 2009

METODOLOGI

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus di Sub-DAS Rokan Stasiun AWLR Lubuk Bendahara, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Berdasarkan Badan Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau luas

daerah aliran sungai Lubuk Bendahara sebesar 3196 km². Lubuk Bendahara adalah sebuah desa yang terletak di kecamatan Rokan IV Koto, Kabupaten Rokan Hulu, Riau, Indonesia.

2. Tahap penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur untuk mendapatkan dasar-dasar teori, referensi terkait, serta langkah-langkah melakukan penelitian yang berkaitan dengan penggunaan data hujan satelit untuk pemodelan hidrologi dan analisis banjir dengan menggunakan program IFAS. Lalu dilakukan pengumpulan data lapangan yaitu sebagai berikut.

- a. Wawancara penduduk setempat untuk mendapatkan informasi kejadian banjir seperti, durasi dan kedalaman banjir.
- b. Survei lapangan diperoleh foto-foto yang merupakan gambaran kondisi sungai Batang Rokan, alat pengukur tinggi muka air, dan alat pengukur curah.
- c. Data AWLR yang digunakan dalam penelitian ini adalah data debit jam-jaman tahun 2012.

Sedangkan untuk tahap pemodelan hidrologi dilakukan dengan cara mengumpulkan data satelit yang secara langsung dapat diunduh dari internet melalui program IFAS. Data satelit yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a. Data hujan jam-jaman yang digunakan yaitu GSMaP_NRT pada tahun 2012. Data hujan yang digunakan adalah pada tanggal 13-25 Februari 2012.
- b. Data elevasi yang digunakan yaitu GTOPO30 tahun 2012.

- c. Data tata guna lahan yang digunakan adalah GLCC tahun 2012.

- d. Data tanah yang digunakan adalah GNV25 Soil Water (UNEP).

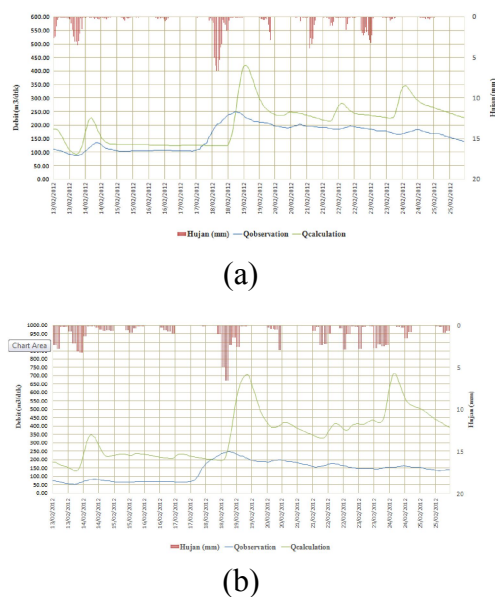
Pemodelan Hidrologi dilakukan dengan menggunakan data-data satelit yang dikumpulkan tersebut. Dilakukan simulasi awal terhadap data-data satelit dengan menggunakan parameter awal dari IFAS. Hasil dari simulasi tersebut berupa hidrograf yang akan dibandingkan dengan data dari lapangan. Setelah itu dilakukan kalibrasi dengan mencoba ulang parameter dari IFAS untuk hasil evaluasi yang lebih bagus. Sehingga hidrograf yang dihasilkan memiliki parameter kesalahan yang minimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Simulasi Awal

Data yang digunakan adalah hasil unduhan awal dari satelit yaitu data elevasi topografi, tata guna lahan, kondisi tanah, dan curah hujan jam-jaman periode 13-25 Februari 2012. Data curah hujan jam-jaman yang digunakan berasal dari satelit GSMaP_NRT. Penelitian ini membandingkan antara GSMaP_NRT *original* dan *corrected* untuk hasil yang memiliki parameter kesalahan yang lebih kecil. Hasil dari simulasi awal dapat dilihat pada Gambar 5 (a) dan (b) dengan menyajikan perbandingan antara hidrograf terukur di lapangan dengan hidrograf hasil pemodelan untuk kondisi parameter tanpa kalibrasi. Nilai debit pada hidrograf hasil pemodelan terlalu besar dengan hidrograf terukur. Evaluasi model dilakukan dengan mencari nilai-nilai parameter yang telah disebutkan

untuk mendapatkan hasil pemodelan yang bagus dengan error yang minimum. Evaluasi model juga dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dari data data hujan satelit GSMaP_NRT *original* dan GSMaP_NRT *corrected*.



Gambar 5. (a) Hidrograf Hasil Simulasi Awal GSMaP_NRT *original* ; (b) Hidrograf Hasil Simulasi Awal GSMaP_NRT *corrected*

Perhitungan untuk simulasi awal diuraikan sebagai berikut.

a. GSMaP_NRT *original*

Hasil perhitungan evaluasi ketelitian model disajikan didalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Parameter Evaluasi Simulasi Awal Pada GSMaP_NRT *original*

Ew (%)	Ev (%)	Ep (%)
17,39	30,54	68,43

b. GSMaP_NRT *corrected*

Hasil perhitungan evaluasi ketelitian disajikan didalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Parameter Evaluasi Simulasi Awal Pada GSMaP_NRT *corrected*

Ew (%)	Ev (%)	Ep (%)
186,40	122,78	186,11

2. Proses Kalibrasi

Proses kalibrasi dilakukan dengan cara coba-coba nilai parameter yang ada di program IFAS. Program IFAS menggunakan model tangki yang dimodifikasi sebagai dasar pemodelannya, yang disebut PWRI *Distributed Model*. Parameter-parameter pada model tersebut dapat dikalibrasi untuk memperoleh hasil simulasi yang mendekati keadaan sebenarnya.

Nilai evaluasi dipengaruhi tiga indikator yaitu, kesalahan bentuk gelombang (*wave shape error*), kesalahan volume (*volume error*), dan kesalahan debit puncak (*peak discharge error*).

a. GSMaP_NRT *original*

Hasil perhitungan kalibrasi dari GSMaP_NRT *original* dapat dilihat pada Tabel 4. Proses kalibrasi dilakukan beberapa kali jika belum mendapatkan persentase kesalahan yang kecil dari tiga indikator dengan cara mencoba-coba parameter yang ada di program IFAS. Nilai parameter dari kalibrasi ke-5 mendapatkan hasil evaluasi dengan persentase kesalahan yang paling kecil dibandingkan dengan hasil kalibrasi-kalibrasi yang lainnya. Nilai yang dirubah dari simulasi awal adalah nilai SKF, SNF, dan FALFX karena nilai ini cukup sensitif dalam simulasi yang dilakukan terutama

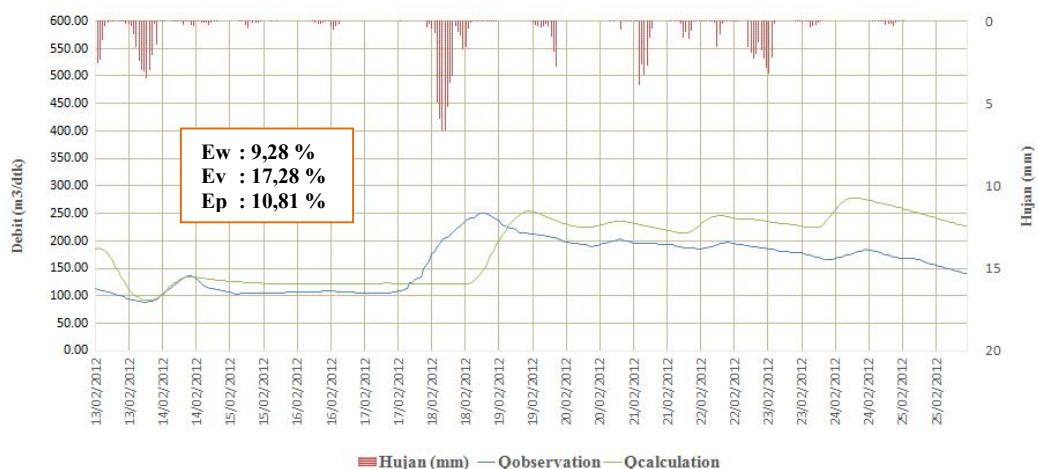
bentuk perubahan gelombang. Untuk nilai SKF koefisien ini digunakan karena areal ini merupakan rumah penduduk. Nilai SNF untuk areal yang sebagian beraspal dan sebagian tanah serta memiliki jaringan drainase diambil sebagai nilai coba-coba. Nilai FALFX merupakan nilai coba-coba tidak bisa ditetapkan karena nilai bisa berubah berdasarkan tingkat kejenuhan tanah.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada hidrograf perbandingan antara debit terukur dengan debit terhitung

pada Gambar 6. Debit puncak yang dihasilkan dari model sudah mendekati besarnya debit puncak hasil pengukuran di lapangan, dengan *peak discharge error* (Ep) sebesar 10,81 %. Selisih debit puncak cenderung semakin membesar seiring bertambahnya waktu dengan durasi kejadian banjir relatif hampir sama antara keluaran model dengan hasil pengukuran di lapangan. Tetapi dapat dilihat kejadian banjir hasil pemodelan cenderung lebih lambat.

Tabel 4. Hasil Kalibrasi Parameter-parameter yang Ada di Program IFAS untuk GSMaP_NRT *original*

	Parameter	Awal	Kalibrasi 1	Kalibrasi 2	Kalibrasi 3	Kalibrasi 4	Kalibrasi 5	Kalibrasi 6
Surface Tank	SKF	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,0003
	HFMXD	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,5
	HFMND	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1
	HFOD	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
	SNF	0,7	0,05	0,05	0,05	0,005	0,05	0,05
	FALFX	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3
Underground Water Tank	HIFD	0	0	0	0	0	0	0
	AUD	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	AGD	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	HCGD	2	2	2	2	2	2	2
	HIGD	2	2	2	2	2	2	2
	Ew =	17,39	15,49	16,01	12,96	25,42	9,58	16,31
	Ev =	3,54	-29,26	30,57	24,82	36,69	17,28	23,42
	Ep =	68,43	44,28	34,88	36,28	31,38	10,81	19,31



Gambar 6. Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi GSMaP_NRT *original* Menggunakan Data Terukur dari AWLR Setelah Dikalibrasi

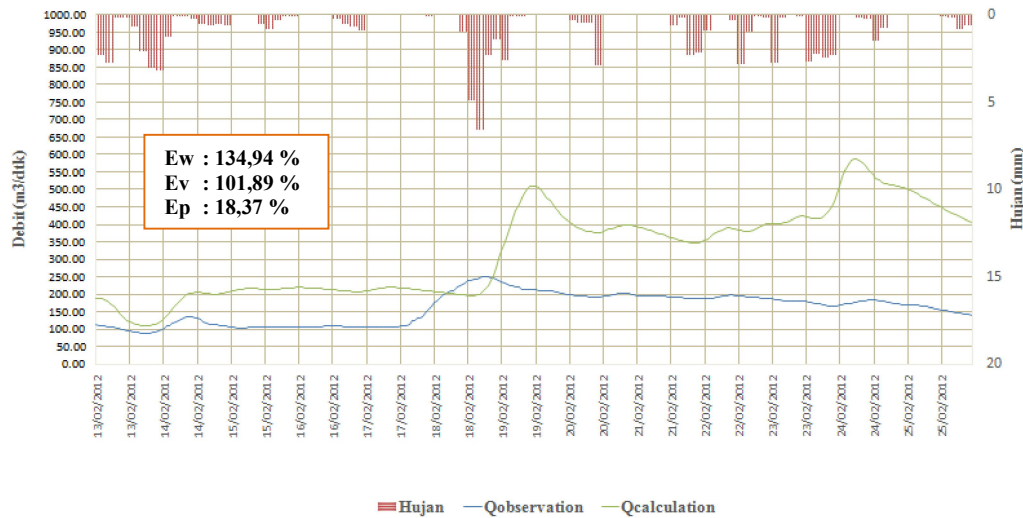
b. *GSMaP_NRT corrected*

Untuk *GSMaP_NRT corrected* dilakukan simulasi berdasarkan kalibrasi parameter-parameter *GSMaP_NRT original* yang memiliki hasil yang memiliki persentase kesalahan cukup minimum. Dapat dilihat pada Tabel 5 hasil persentase kesalahan Ew, Ev, dan Ep dikalibrasi ke 5 merupakan yang paling minimum. Hal ini dilakukan untuk membandingkan simulasi antara *GSMaP_NRT corrected* dengan *GSMaP_NRT original*. Nilai parameter-parameter yang dikalibrasi untuk simulasi data hujan *GSMaP_NRT corrected* dapat dilihat pada Tabel 5 menunjukkan hasil kalibrasi menggunakan parameter yang sama dengan parameter *GSMaP_NRT original* sangat berbeda jauh. Persentase kesalahan pada nilai Ew dan Ev

sangat besar melebihi 100% sedangkan nilai persentase kesalahan pada Ep lebih kecil. Dari parameter-parameter yang telah digunakan dalam proses kalibrasi, maka diperoleh hasil simulasi berupa hidrograf perbandingan antara debit terukur dengan debit terhitung yang dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil kalibrasi dengan nilai Ew, Ev, dan Ep yaitu, 134,94 %, 101,89 %, dan 18,37 %. Besar debit yang dihasilkan data satelit memiliki korelasi waktu yang bagus antara hujan dan debit yang terjadi. Dari debit puncak yang dihasilkan data satelit memiliki nilai yang sangat tinggi dibandingkan di lapangan. Penelitian lanjutan masih berlangsung untuk memperbaiki kekurangan ini, yaitu dengan memasukkan angka koreksi yang lebih detil dari data hujan satelit ini.

Tabel 5. Hasil Kalibrasi Parameter-parameter yang Ada di Program IFAS untuk *GSMaP_NRT corrected*

	Parameter	Corrected Awal	K Corrected 5
Surface Tank	SKF	0,0005	0,0001
	HFMXD	0,1	0,1
	HFMND	0,01	0,01
	HFOD	0,005	0,005
	SNF	0,7	0.05
	FALFX	0,8	0.2
	HIFD	0	0
Underground Water Tank	AUD	0,1	0,1
	AGD	0,003	0,003
	HCGD	2	2
	HIGD	2	2
	Ew =	186,40	134,94
	Ev =	122,78	101,89
	Ep =	186,11	18,37



Gambar 7. Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi GSMaP_NRT *corrected* Menggunakan Data Terukur dari AWLR Setelah Dikalibrasi

Tabel 6. Hasil Evaluasi Data Hujan Satelit GSMaP_NRT *original* dan GSMaP_NRT *corrected* Terhadap Data Lapangan

No.	Hasil Simulasi	Parameter Evaluasi		
		Wave Shape Error (Ew) (%)	Volume error (Ev) (%)	Peak Discharge Error (Ep) (%)
1	GSMaP_NRT <i>original</i>			
	Awal	17,39	30,54	68,42
	Kalibrasi	9,58	17,28	10,81
2	GSMaP_NRT <i>corrected</i>			
	Awal	186,40	122,78	186,11
	Kalibrasi	134,94	101,89	18,37

3. Analisis Hasil Evaluasi Data Hujan Satelit GSMaP_NRT *original* dan GSMaP_NRT *corrected* Terhadap Data Lapangan

Hasil evaluasi yang didapatkan menggunakan program IFAS didapatkan tiga indikator kesalahan yang ditampilkan pada Tabel 6. Dapat dilihat bahwa pemanfaatan data hujan satelit GSMaP_NRT *original* dan GSMaP_NRT *corrected*

memiliki perbedaan hasil evaluasi yang sangat berbeda jauh dikondisi awal maupun kondisi setelah dikalibrasi. Setelah dilakukan kalibrasi GSMaP_NRT *corrected* memiliki persentase kesalahan yang sangat besar untuk nilai Ew dan Ev dibandingkan dengan nilai Ep sehingga belum bisa memiliki hasil yang akurat. Tetapi dengan menggunakan data satelit GSMaP_NRT *original* memiliki

persentasi yang lebih kecil dan sinkronisasi lumayan baik dalam menentukan nilai Ew, Ev, dan Ep.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Penggunaan Data Satelit Untuk Pemodelan Hidrologi Dan Analisis Banjir Di Sub-DAS Rokan Stasiun Lubuk Bendahara” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Evaluasi ketelitian model yang digunakan adalah menggunakan data satelit dari GSMaP_NRT *original* dan GSMaP_NRT *corrected*. Setelah parameter IFAS dikalibrasi didapatkan hasil Ew, Ev, Ep yaitu 9,58%, 17,28%, dan 10,81% untuk GSMaP_NRT *original*. Sedangkan hasil kalibrasi dari GSMaP_NRT *corrected* didapatkan hasil 134,94 %, 101,89%, dan 18,37%.
2. Data satelit GSMaP_NRT *original* memiliki persentasi yang lebih kecil dan sinkronisasi cukup baik dalam menentukan nilai Ew, Ev, dan Ep. Sedangkan GSMaP_NRT *corrected* memiliki persentase kesalahan yang sangat besar untuk nilai Ew dan Ev dibandingkan dengan nilai Ep sehingga belum bisa memiliki hasil yang akurat.
3. Diperlukan penelitian yang lebih lanjut dalam menggunakan data hujan GSMaP_NRT *corrected* karena biasanya data hujan ini memiliki keakuratan yang lebih bagus

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih disampaikan kepada Dirjen DIKTI atas dukungan

dana penelitian pada skim Hibah Bersaing Universitas Riau sehingga penelitian ini bisa dilakukan dengan baik dan Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau yang telah memberikan informasi data – data yang dibutuhkan dalam penelitian ini serta ucapan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. *Penyusunan Sistem Peringatan Dini Banjir WS. Rokan, WS. Siak, WS. Kampar, WS. Indragiri*. PT. Mastautin Jasa Negeri.
- Aziz, A., Tanaka, S. 2011. *Regional Parameterization and Applicability of Integrated Flood Analysis System (IFAS) for Flood Forecasting of Upper-Middle Indus River. Pakistan Journal of Meteorology. Volume 8, Issue 15.*
(http://www.pmd.gov.pk/rnd/rnd_files/vol8_issue15/3_Regional%20Parameterization%20and%20Applicability%20of%20Integrated%20Flood%20Analysiss%20System.pdf), diakses pada tanggal 3 Maret 2015, Pukul 12.34 WIB.
- Hamiduddin, Sutikno, S, & Fauzi, M. 2013. *Pemodelan Hidrologi Hujan-Aliran Menggunakan Data Satelit Hasil Penginderaan Jauh (Studi Kasus DAS Tapung Kiri)*. (<http://repository.unri.ac.id/xmlui/handle/123456789/3988>), diakses pada tanggal 16 Juni 2015, Pukul 23.46 WIB.
- Handayani, Y.L. *Model Hidrologi Untuk Analisis Banjir Berbasis*

- Data Satelit. Annual Civil Engineering Seminar 2015.* Pekanbaru, Indonesia.
- Hasan, H., Sutikno, S, & Fauzi, M. 2013. *Penggunaan Data Hujan Satelit untuk Pemodelan Hidrologi DAS Indragiri.* (<http://repository.unri.ac.id/xmlui/handle/123456789/4400>), diakses pada tanggal 26 Februari 2015, Pukul 22.14 WIB.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Isnaini, Y., Sutikno, S, & Handayani, Y.L. 2013. *Kajian Pemanfaatan Data Hujan Satelit Untuk Pemodelan Hidrologi (Studi Kasus Das Pulau Berhalo).* (<http://repository.unri.ac.id/xmlui/handle/123456789/4797?show=full>), diakses pada tanggal 24 Februari 2015, Pukul 13.10 WIB.
- Fukami, K., Sugiura, T., Magome, J. & Kawakami, T. 2009. *Integrated Flood Analysis System (IFAS Version 1.2) User's Manual.* Jepang: ICHARM.
- Mardhotillah, M., Sutikno, S, & Fauzi, M. 2014. *Pemodelan Hujan-Aliran Daerah Aliran Sungai Rokan Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh.* Jurnal Online Mahasiswa. Volume 1. No.1. (<http://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/3700/3592>), diakses pada tanggal 24 Februari 2015, Pukul 13.19 WIB.
- Sugiura, A. *Development Of A Flood Forecasting System On Upper Indus Catchment Using IFAS.* Sixth International Conference On Flood Magement. Brazil. 2012. (<http://www.abrh.org.br/icfm6/proceedings/papers/PAP014410.pdf>), diakses pada tanggal 11 Desember 2015, pukul 20.03 WIB.
- Sutikno, S. 2014a. *Pemodelan Hidrologi Hujan-Aliran Dengan Menggunakan Data Satelit.* Seminar Nasional Teknik Sipil X-2014, ITS, 5 Februari 2014. Surabaya, Indonesia.
- Sutikno, S. 2014b. *Kalibrasi dan Validasi Model Hidrologi Dengan Menggunakan Data Satelit.* Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI ke-31, 22-24 Agustus 2014. Padang, Indonesia.