

APLIKASI MODEL HBV (HYDROLOGISKA BYRÅNS VATTENBALANSAVDELNING) BERBASIS SATELIT DI DAS MUSI (SUMATERA SELATAN)

Sinta Berliana Sipayung dan Nani Cholianawati
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Email : s_berlianasipayung@yahoo.com; nani.cholianawati@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan ini menguraikan tentang aplikasi Model HBV (*Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning*) berbasis pada data satelit dan model GFDL (*Geophysical Fluid Dynamics Laboratory*) yang berkaitan dengan karakteristik hidro-meteorologi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi (Sumatra Selatan). Data yang digunakan adalah curah hujan harian dari satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*, 3B42 resolusi 27, 5 km), Evapotranspirasi potensial harian dari MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer level-3 MOD-16* resolusi 1 km) dari tahun 2001 hingga 2010. Dengan menggunakan konsep Model HBV di atas, diperoleh data luaran model yaitu penguapan aktual, kelembaban tanah, resapan air tanah, estimasi dan skenario debit aliran. Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan harian berpengaruh secara signifikan terhadap debit aliran permukaan, kelembaban tanah, penyimpanan air hingga mencapai maksimum dan pengisian ulang penyimpanan respon atas dan bawah. Untuk mendapatkan nilai debit permukaan yang optimal dilakukan kalibrasi dengan menggunakan parameter model DAS. Sesuai dari kondisi iklim DAS Musi, bahwa hubungan antara curah hujan dan debit aliran di sub DAS Lematang terlihat jelas adanya kesamaan pola dengan koefisien korelasi 0.73. Hasil verifikasi antara debit estimasi model dengan debit observasi di sub daerah aliran sungai masing-masing menunjukkan pola yang sama. Hal yang utama adalah prediksi debit aliran permukaan tahun 2010 dengan menggunakan metode ANFIS (*Adaptive Neural Fuzzy Inference Systems*), prediksi terhadap estimasi dengan fase-training mempunyai $r=0.81$ dan prediksi terhadap estimasi dengan $r=0.71$. Hasil prediksi menunjukkan telah terjadi peningkatan debit aliran yang ditandai dengan nilai presentasi positif pada bulan N, D, J, F, M, sedangkan defisit terjadi pada bulan J, J, A, S, dan O dengan nilai persentasi negatif akan diuraikan pada makalah ini. Dari tren

simulasi menunjukkan bahwa debit estimasi mengalami kenaikan dari tahun 2010 hingga tahun 2019.

Kata kunci: DAS Musi, iklim, satelit, model atmosfer

ABSTRACT

This activity describes the application of HBV model (Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning) based on satellite data and models GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) related to hydro-meteorological characteristics of the watershed (DAS) Musi (South Sumatra). The data used are daily rainfall from satellite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission, 3B42 resolution of 27, 5 km), Daily Potential Evapotranspiration from the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer level-3 MOD-16 resolution of 1 km) from 2001 to 2010. By using the concept of HBV model above, the model output produced the data of actual evaporation, soil moisture, groundwater recharge and flow estimates scenarios. The analysis showed that the daily rainfall significantly affected to the runoff, soil moisture and storage until capacity up to a maximum and recharge to storage in the upper and lower response. To obtain the optimal value of the surface discharge calibration performed by using DAS model parameters. In accordance of the Musi river basin climatic conditions, the relationship between rainfall and flow in Lematang sub DAS show the same pattern with a correlation coefficient of 0.73. The verification results between discharge estimation models with discharge observations in sub watersheds show the same pattern. The main thing is the prediction of the surface flow in 2010 by using ANFIS (Adaptive Neural Fuzzy Inference Systems), predicted to estimate the phase-training has $r = 0.81$ and the prediction of the estimate with $r = 0.71$. Predicted results show there has been a marked increase in flow with positive values in N, D, J, F, M, while the deficit occurred in J, J, A, S, and O with a negative percentage value will be described in this paper. From the trend of the simulation show that the discharge estimates increased from 2010 until 2019.

Key words: Watershed of Musi, climate, satellite, atmospheric model

1 PENDAHULUAN

Menurut IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007) dampak dari pemanasan global telah terjadi perubahan iklim diantaranya kenaikan suhu rata-rata 0,76°C antara periode 1850-2005, kenaikan permukaan air laut rata-rata global 1,8 mm per tahun dari 1961-2003 dan terjadinya kekeringan yang lebih intensif dengan area yang semakin luas sejak tahun 1970 untuk daerah tropis dan subtropis. Begitu pula bencana iklim di Indonesia tiga perempat atau 75-80 persen bencana alam di bumi merupakan bencana yang terkait dengan perubahan iklim global, seperti banjir, badai, penyakit, kekeringan, hingga longsor (Murdiyarso, 2007). Variabilitas dan perubahan iklim karena peningkatan konsentrasi gas-gas aktif-radiatif atmosfer dapat merubah distribusi menurut ruang dan waktu terhadap sumber daya air dan lahan, siklus hidrologi, kualitas air, sistem suplai dan kebutuhan air di suatu wilayah berbeda (IPCC, 1990). Menurut Hay *et al.* (1993), perubahan iklim dapat merubah karakteristik hidrologi daerah aliran sungai (DAS), merubah pola tanam dan kenyamanan yang akan berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Model HBV (*Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning* atau the *Swedish Meteorological and Hydrological Institute*), adalah model hidrologi yang telah berhasil diterapkan di berbagai negara di seluruh dunia (Bergstrom, 1976, 1992). Awalnya dikembangkan di daerah cekungan *Scandinavian catchments*, tetapi telah terbukti berhasil dengan baik di daerah tropis dan subtropis (Bathia et al, 1984, Haggstrom et al 1990). Model HBV awalnya berasal dari *Integrated Hydrological Modeling System* (IHMS), dikembangkan sejak tahun 1970 (Bergström, 1997) kemudian dikembangkan lagi versi model terbaru disebut HBV-96. Sebagian besar aplikasi model ini dijalankan pada nilai curah hujan, suhu dan estimasi evapotranspirasi potensial bulanan. Model HBV telah diterapkan lebih dari 40 negara di seluruh dunia dengan kondisi iklim yang berbeda-beda, dengan proses hidrologi di suatu daerah tangkapan air yang menghubungkan antara curah hujan, suhu, potensial penguapan hingga *runoff* dan verifikasi parameter DAS hingga peramalan banjir (Bergström, 1976, 1992) dan (Lindström et al.,

1997). Model HBV ini telah diaplikasikan di DAS Citarum Hulu bahwa data estimasi debit model HBV memiliki pola mendekati dengan data debit observasi dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.8 (Berliana dkk, 2010). Pada kesempatan ini aplikasi model HBV diterapkan pada DAS Musi (Sumatra Selatan) dengan tujuan untuk mengetahui apakah distribusi tren musim hujan mempunyai respon terhadap debit pada DAS tersebut, untuk mengantisipasi dampak dari perubahan iklim terhadap sumber daya air.

2 DATA DAN METODOLOGI

Pengumpulan data curah hujan (mm) dari satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*, 3B42) dengan resolusi 0.25 derajat (27.5 km) dan Evapotranspirasi potensial rata-rata dari MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer level-3 MOD-16* resolusi 1 km) dari tahun 2001 hingga 2010. Data observasi yang terdiri dari curah hujan dalam (mm) diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan debit aliran di DAS Musi (Sumatra Selatan) dari dinas pengairan tahun 2001 hingga 2010. Data dari luaran model iklim dari IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) yaitu luaran model GCM GFDL (*Geophysical Fluid Dynamics Laboratory/US Dept. of Commerce/NOAA*), *special report on emission scenario* (SRES A2) dengan resolusi 3.750 x 2.250 (40 X 48) yang didownload dari <http://www-pcmd.lln.gov/ipcc/> meliputi parameter (variabel) *precipitable water* (prw) dan *surface temperature* (tas) bulanan dari tahun 2001 hingga 2020 pada lokasi wilayah DAS Musi (Sumatra Selatan) seperti pada gambar 2.1. Pada kegiatan ini data diolah dengan analisis statistik, untuk mengetahui hubungan antara hubungan antara parameter iklim dan debit aliran dengan mengikuti konsep-konsep model HBV yang diturunkan dari persamaan statistik melalui neraca air DAS dengan menggunakan persamaan:

$$P - E - Q_{tot} = \frac{d}{dt} [SP + SM + h_{ur} + h_{lr} + lakes] \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- P = Curah hujan (Satelit), untuk melihat perubahan yang berpengaruh terhadap debit aliran.
- E = Evapotranspirasi (Satelit), untuk melihat perubahan suhu yang berpengaruh pada kelembaban tanah
- SP = *snow pack* (dalam hal ini diabaikan)

Tahap pertama menghitung kelembaban tanah (Soil moisture/SM):

Jika $SM \geq EA = EP$

Jika $SM \leq EA = (SM/LP) \cdot EP$

$$SM = SMO + P - E - R + CF \quad \dots\dots\dots (2)$$

R = *Recharge*

CF = *Capilari flux*

FC = *maximum soil moisture storage* (Kapasitas lapang lokasi kajian 300, tergantung lokasi)

Tahap kedua menghitung infiltrasi:

$$h_{uz} = h_{uz0} + R - CF - \text{Perkolasi} - Q_{uz} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Input upper storage

$$Q_{uz} = K_f \cdot h_{uz}^{(\alpha + 1)}$$

Tahap ketiga menghitung Perkolasi

$$\text{Perkolasi} = PERC \left[\frac{SM}{FC} \right]^\beta \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$h_{lz} = h_{lz0} + \text{Perkolation} - Q_{lz}$$

$$Q_{lz} = K_4 \cdot h_{lz}$$

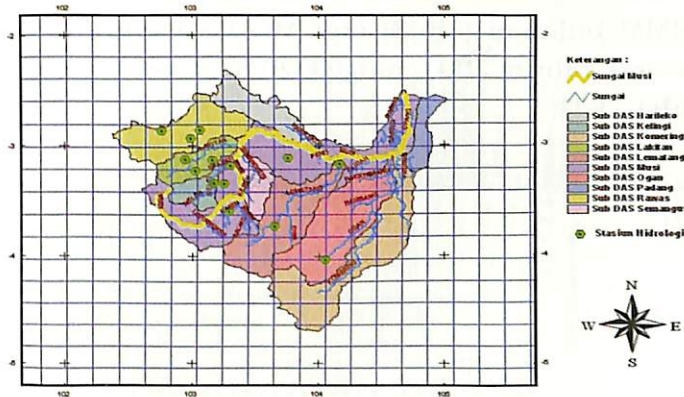
Tahap ke empat menghitung debit aliran (Q)

$$Q_{total} = Q_{uz} + Q_{lz} \dots\dots\dots (5)$$

Konstanta – konstanta : α = konstanta

K_4 = *Recession coefficient*

Wilayah Sungai Musi



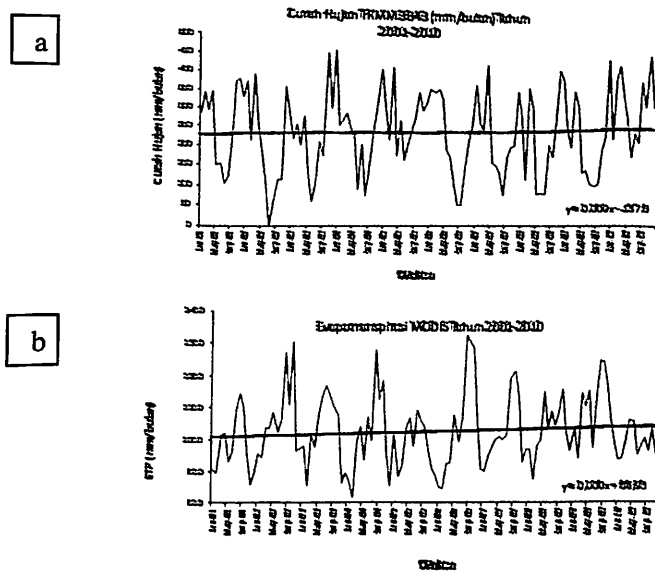
Gambar 2.1 Lokasi DAS Musi (Sumatra Selatan)

Konsep model ini menggambarkan perhitungan hidrologi dengan menggunakan persamaan matematik, memodifikasi model HBV yang sudah dikembangkan di beberapa negara lain. Konsep ini diasumsikan di daerah aliran sungai (DAS) dengan parameter curah hujan, evapotranspirasi, kelembaban dan limpasan permukaan. Curah hujan pada daerah aliran sungai, memberikan kontribusi sebagai infiltrasi, perkolasi sebagian dialirkan dan sebagian menjadi *storage*. Ketika kadar air tanah mendekati kapasitas lapang, mengurangi infiltrasi dan kontribusi curah hujan akan meningkatkan limpasan. Ketika kadar air tanah melebihi kapasitas lapang, akan mengisi aliran bawah tanah dan menjadi debit aliran merupakan gabungan antara aliran permukaan dan aliran bawah tanah. Pengembangan ANFIS untuk prediksi debit untuk jangka pendek serta pengembangan model atmosfer yaitu model GCM untuk jangka panjang.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL

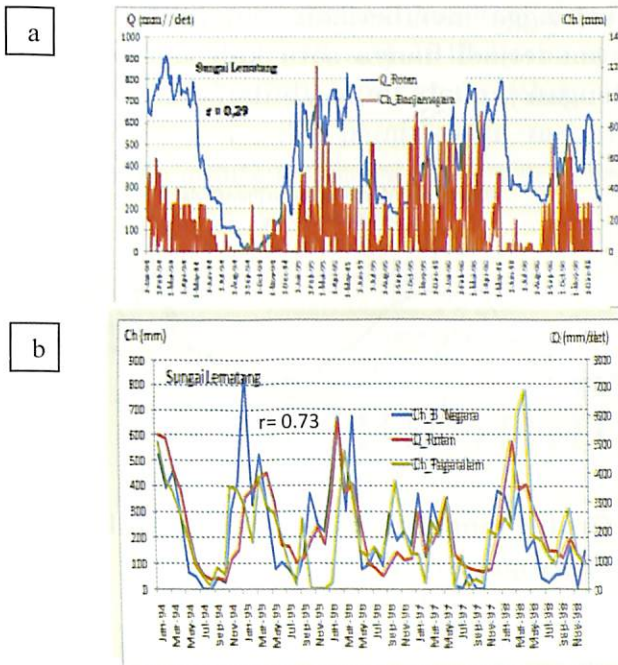
Secara umum bahwa karakteristik curah hujan di DAS Musi berdasarkan tren curah hujan dan evapotranspirasi dari satelit TRMM bulanan (3B43) dan MODIS menunjukkan adanya kenaikan dari tahun 2001 hingga 2010 seperti yang tercantum pada gambar 3.1.



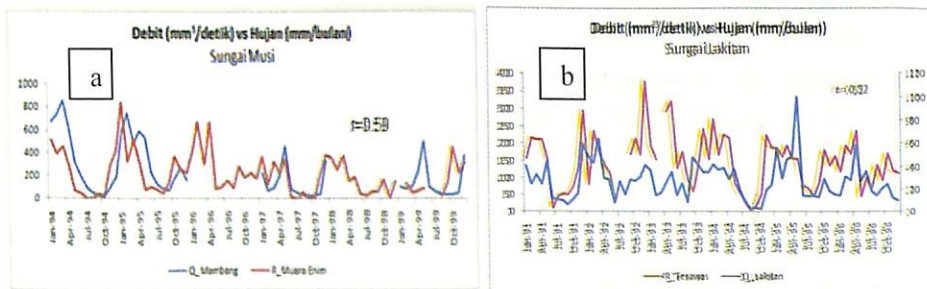
Gambar 3.1 Variasi curah hujan dan evapotranspirasi dari tahun 2001 hingga 2010

Pada gambar 3.2.a dan 3.2.b plot grafik data curah hujan harian dan debit harian di lokasi Rotan 1 Januari 1994 s/d Desember 1999, curah hujan bulanan dan debit bulanan di lokasi Banjar Negara 1 Januari s/d Desember 1998 sub-DAS Lematang, menunjukkan untuk tren musim hujan dari Desember hingga hingga bulan Mei hampir terjadi untuk semua tahun dengan jumlah curah hujan diatas 500mm/hari dengan $r = 0.29$. Respon curah hujan terhadap besaran debit yang menonjol terjadi seperti pada bulan Februari yaitu $400 \text{ m}^3/\text{hari}$ pada tahun 1994. Begitu pula pada tahun 1995 dan 1996 terjadi pada bulan

November dan Maret dengan nilai masing-masing 600 m³/hari dengan $r = 0.73$. Secara keseluruhan *ploting* grafik untuk semua tahun musim kemarau besaran debit relatif sedikit.



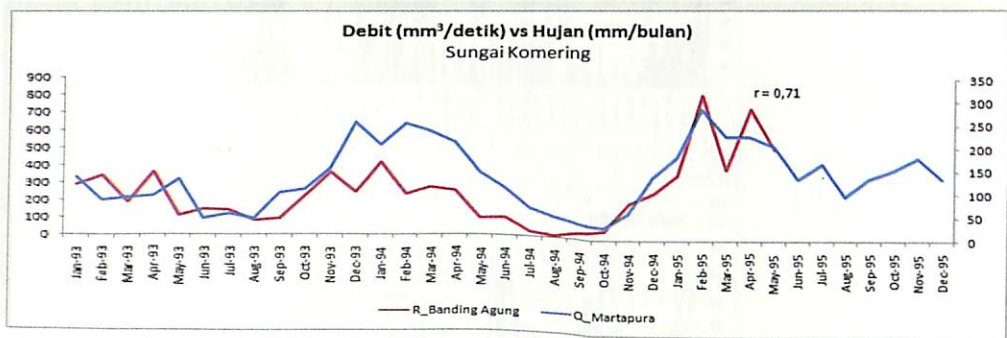
Gambar 3.2 Grafik plot data distribusi curah hujan dan debit di sungai Lematang a) harian, b) bulanan



Gambar 3.3 Grafik plot data distribusi curah hujan dan debit di sungai a) Musi bulanan, b) Sungai Lakitan bulanan

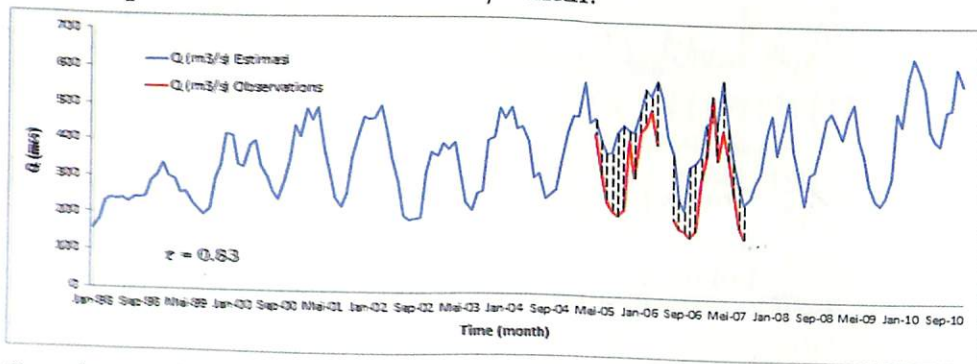
Begitu pula pada gambar 3.3a dan 3.3b plot grafik data curah hujan dan debit bulanan di lokasi Mambang) sungai Musi 1 Januari 1994 s/d Desember 1999 menunjukkan untuk tren

musim hujan terjadi pada bulan April 1994. Respon curah hujan terhadap besaran debit 800 m³/bulan dengan $r = 0.59$. Sedangkan lokasi Terawas sungai Lakitan dari 1 Januari 1991 s/d Desember 1996, karena keterbatasan curah hujan pengukuran sehingga memberikan pengaruh terhadap besaran debit maksimum terjadi hanya satu kali yaitu pada bulan April tahun 1995 dengan jumlah 350m³/bulan dan $r = 0.52$.



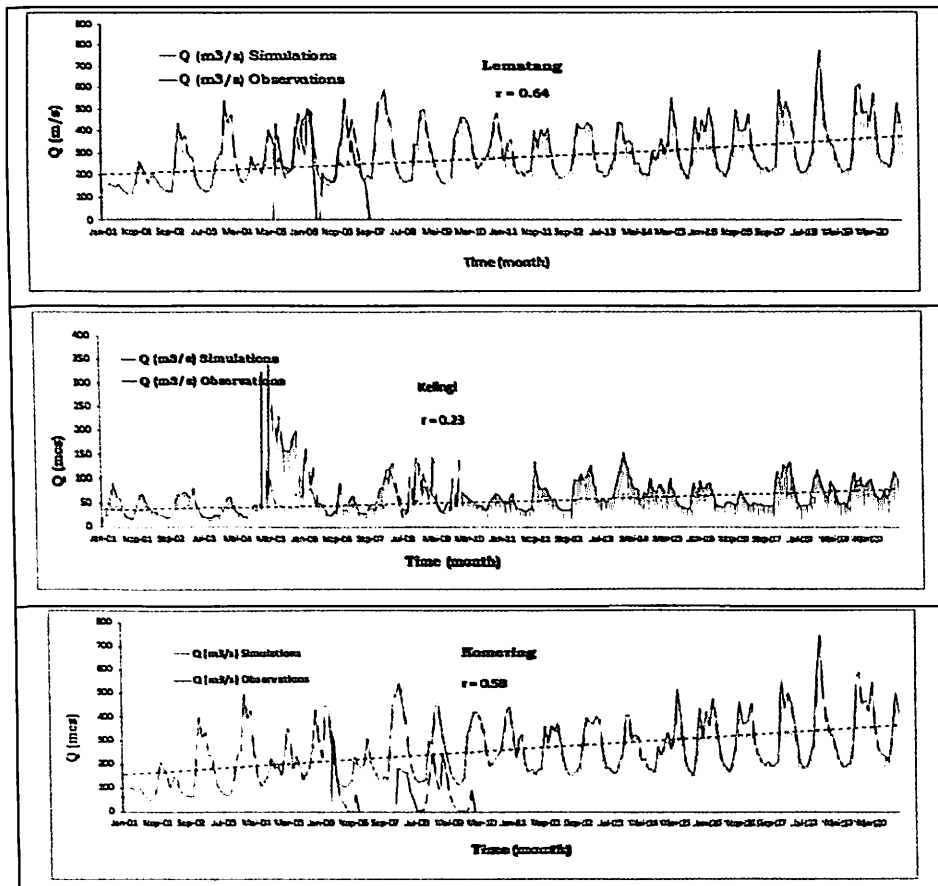
Gambar 3.4 Grafik plot data distribusi curah hujan dan debit di sungai Komering

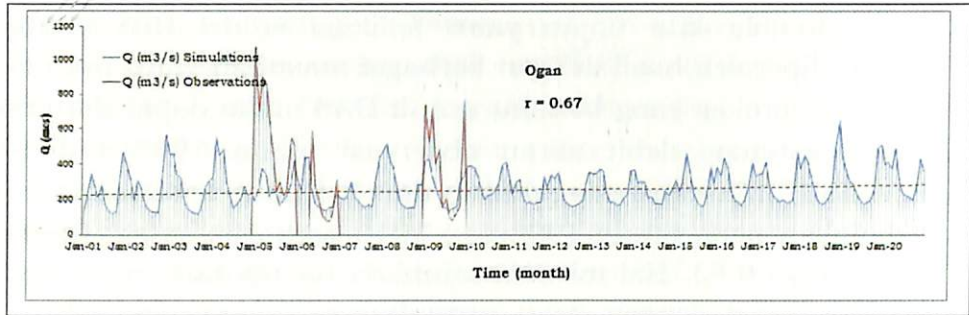
Hal yang serupa terdapat plot grafik data curah hujan di sungai Komering gambar 3.4 dari tahun 1993 s/d 1995 masing-masing respon menunjukkan dengan $r = 0.71$. Dari data tersebut menunjukkan tren musim hujan terjadi pada bulan bulan Desember 1993 s/d April 1994. Pada bulan Februari 1995 paling menonjol puncak musim hujan, sedangkan respon curah hujan terhadap besaran debit 800 m³/bulan.



Gambar 3.5 Analisis debit Estimasi dan debit pengukuran tahun 1998 hingga 2010

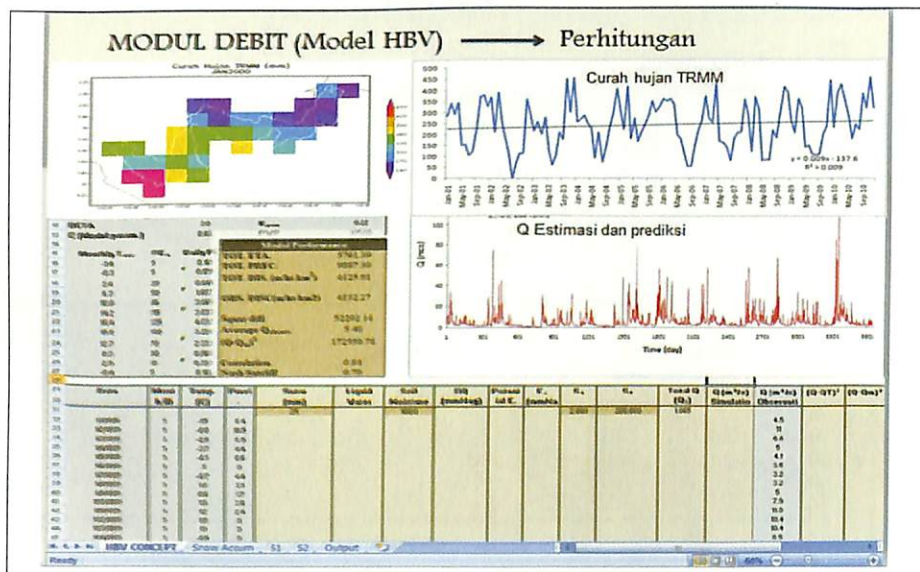
Apabila kita tinjau yaitu aplikasi model HBV berbasis satelit, diperoleh hasil dengan berbagai masukan yaitu parameter hidrometeorologi yang berlaku untuk DAS maka dapat dianalisis, bahwa estimasi debit aliran observasi tahun 1992 s/d 1996 mengikuti tren debit pengukuran dan koefisien korelasinya 0.70, sedangkan pada tahun 1998 s/d 2010 berbasis satelit koefisien korelasinya 0.83. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara debit estimasi dengan debit pengukuran mempunyai pola yang sama seperti pada gambar 3.5.





Gambar 3.6 Analisis debit proyeksi model GFDL (2010-2019)

Untuk proyeksi kedepan, hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 3.6 dengan menggunakan model GCM GFDL. Apabila kita perhatikan mulai tahun 2010 hingga 2019 bahwa variasinya menunjukkan tren positif yaitu terjadi kenaikan. Sebagai sistem informasi model HBV ini dapat kita kembangkan dengan berbagai sub-DAS yang berlaku di DAS Musi seperti yang tercantum pada Gambar 3.7 yaitu modul aplikasi model HBV.



Gambar 3.7 Modul aplikasi model HBV

3.2 PEMBAHASAN

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berkaitan tentang aplikasi model HBV (*Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning*) dengan berbagai versi untuk wilayah tangkapan air menunjukkan hasil yang baik, ditunjukkan dengan kesamaan tren pada plot data distribusi curah hujan dan debit, tren musim hujan mempunyai respon terhadap besaran debit. Hal yang sama diterapkan di DAS Musi, diproyeksikan dengan menggunakan model GCM GFDL terjadi kenaikan pada curah hujan dan dikembangkan dengan pembuatan modul yang bisa diaplikasikan di wilayah yang berbeda-beda. Sebagaimana terlihat pada gambar 3.7, disini terlihat bahwa modul model HBV dapat diaplikasikan untuk memantau debit DAS yang diturunkan dari curah hujan berbasis satelit yang ada di seluruh Indonesia. Hal ini dimungkinkan mengingat model ini data utamanya di dapat dari satelit TRMM, walaupun dengan tingkat akurasi yang masih relatif kurang baik ketika dibandingkan dengan data insitu. Namun, satu hal yang perlu dicatat disini adalah keduanya memiliki pola tren yang hampir sama. Disisi lain terlihat bahwa model ini sangat berguna untuk menduga pola variasi curah hujan bulanan dari satu kawasan DAS yang diamati, khususnya ketika diaplikasikannya teknik/metoda ANFIS. Model ini sanggup mendeteksi hingga 10 tahun kedepan. Hasil akan lebih baik, bila dibandingkan dengan teknik yang lain.

4 KESIMPULAN

Dengan menggunakan data observasi terlihat jelas adanya respon curah hujan terhadap besaran debit observasi seperti di sub-DAS Lematang yang harian dan bulanan yang ditunjukkan pada koefisien korelasi 0.25 dan 0.70. Begitu pula pada sungai Musi, Lakitan dan Komering respon curah hujan terhadap besaran debit menunjukkan koefisien korelasi 0.59, 0.52 dan 0.71. Apabila kita tinjau model HBV berbasis satelit, diperoleh hasil debit estimasi dengan debit pengukuran dapat dianalisis, bahwa estimasi debit aliran tahun 1992 s/d 1996 mengikuti tren debit insitu dengan koefisien korelasinya 0.70, sedangkan debit

estimasi dengan debit pengukuran berbasis satelit pada tahun 1998 s/d 2010 mempunyai koefisien korelasinya 0.83. Hasil verifikasi model dengan menggunakan data observasi tahun 1992, 1993 dan 2006, 2007 menunjukkan bahwa debit estimasi model dengan observasi di sub-DAS masing-masing terlihat mengikuti pola. Penggunaan metode model HBV cocok digunakan untuk menganalisis keterkaitan antara curah hujan dengan debit aliran. Dari tren simulasi menunjukkan bahwa debit estimasi mengalami kenaikan dari tahun 2010 hingga tahun 2019 menggunakan model GCM GFDL bahwa debit aliran dari tahun 2010 hingga 2019 terjadi peningkatan.

DAFTAR RUJUKAN

- Bathia P. K., Bergstrom, S., and Persson, M. 1984. Application of the distributed HBV-6 model to the upper Narmada Basin in India, Report RHO 35. Swedish Meteorological and Hydrological Institute Norrköping, Sweden. 40 pp.
- Bergström, S., 1976. Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. SMHI RHO Norrköping, Sweden, 134 pp.
- Bergstrom, S. 1992. 'The HBV model its structure and applications', SMHI Report Hydrol., RH No. 4. Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norrköping, Sweden.
- Bergström, S., 1995. The HBV model, computer models of watershed hydrology (editor: V.p. singh). *Water Resources Publications*
- Bergstrom, S., Carlsson, B., Grahn, G., Johansson, B., 1997. A More Consistent Approach to Watershed Response in the HBV Model. *Vanneti Norden*, No. 4.
- Haggstrom, M, Lindstrom.G.,Gobs,C.,Martnez,J.R., Merlos, L.,Alonzo,R.D., Castillo, G., Sirios. I., Alforo, R.I., Robles, E.,Rodrigues, M., and Moscote,R. 1990. Application of the HBV Model for Flood Forcasting in Six Central American Rivers, SHMI, Norrkoping Sweden. 73pp.

- Hay. J.E.; Salinger, M.J.; Fitzharris, B.; Basher, R. 1993. Climatological seesaws in the Southwest Pacific. *Weather and Climate* 13: 9-21
- IPCC. 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Climate Change 2007. Cambridge University Press: Cambridge.
- Lindström, G., A. 1997. Simple automatic calibration routine for the HBV model. *Nordic Hydrology* 28 (3), 153-168.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M., and Bergström, S. 1997. Development and test of the distributed HBV-96 hydrological model, *J. Hydrol.*, Vol. 201, pp. 272-288.
- Murdiyarto Daniel. 2003. Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim. Jakarta: PT. Kompas Media Nusantara.
- Sipayung S., B. dan Nani Cholianawati. 2010. Analisis Hubungan Curah Hujan dan Limpasan dengan di DAS Citarum Hulu Menggunakan Model HBV. Prosiding Seminar Penerbangan dan Antariksa 2010,. Sub Seminar: Seminar Sains Atmosfer dan Iklim, Graha Widya Bhakti, DRN-Puspitek Serpong, 15 November 2010.