

VALIDASI DATA TRMM TERHADAP DATA CURAH HUJAN AKTUAL DI TIGA DAS DI INDONESIA

VALIDATION OF TRMM DATA WITH ACTUAL RAINFALL DATA IN THREE WATERSHEDS IN INDONESIA

M. Djazim Syaifullah

UPT Hujan Buatan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Thamrin 08 Jakarta10340

E-mail: djazimsy@yahoo.com

Naskah masuk: 05 Mei 2014; Naskah diperbaiki: 05 Nopember 2014; Naskah diterima: 20 Nopember 2014

ABSTRAK

Validasi data TRMM telah dilakukan dengan data curah hujan di tiga DAS di wilayah Indonesia. Ketiga DAS tersebut adalah : DAS Citarum – Jawa Barat, DAS Sutami-Brantas Jawa Timur dan DAS Larona Sulawesi Selatan. Dari analisis dua jenis tipe data TRMM NASA (3B42RT) dan TRMM Jaxa (GSMaP_NRT) menunjukkan bahwa TRMM Jaxa lebih mendekati data pengamatan dibandingkan dengan TRMM NASA. Secara umum dari hasil analisis untuk ketiga DAS memperlihatkan bahwa nilai curah hujan TRMM Jaxa (GSMaP_NRT) mempunyai pola yang mengikuti curah hujan pengamatan (aktual) meskipun nilainya cenderung di bawah perkiraan. Perbedaan ini salah satunya bisa diakibatkan karena pemasangan penakar hujan yang kurang representatif terhadap DAS sehingga rerata curah hujan wilayahnya kurang merepresentasikan DAS tersebut. Untuk plot scatter bulanan nilai korelasinya lebih baik dibandingkan dengan plot scatter harian (dari 0.13~0.14 meningkat menjadi 0.58~0.75) dan nilai rmse menurun (dari rerata 11.6 mm/hari menjadi 7.6 mm/hari), sehingga analisis TRMM bulanan lebih merepresentasikan kondisi aktual.

Kata kunci: Validasi data TRMM, TRMM 3B42RT, TRMM GSMaP_NRT.

ABSTRACT

TRMM data validation has been done with rainfall data in three watersheds of Indonesia. There are : Citarum (west Java), Sutami-Brantas (east Java) and Larona (south Sulawesi). There are two types of TRMM data; TRMM NASA (3B42RT) and TRMM Jaxa (GSMaP_NRT). From the analysis of both types of the data indicate that the TRMM Jaxa closer to observed data. In general the results of analysis for all three catchments showed that the value of TRMM rainfall Jaxa (GSMaP_NRT) has better agreement to the pattern of observed rainfall data although it's value tend to under estimate. This difference could be caused due to the installation of the raingauge less representative of catchment so that the average rainfall less territory represents the catchment. Scatter plot for the monthly data have better correlation coefficient than the daily plot (0.13~0.14 raise 0.58~0.75) and decreasing rmse value (from average 11.6 mm/day to 7.6 mm/day), so monthly analysis of TRMM has more represents the actual conditions.

Keywords : Validation of TRMM data, TRMM 3B42RT, TRMM GSMaP_NRT.

1. Pendahuluan

Endapan (presipitasi) didefinisikan sebagai bentuk cair dan padat (es) yang jatuh ke permukaan bumi. Meskipun kabut, embun, dan embun beku (*frost*) dapat berperan dalam alih kebasahan (*moisture*) dari atmosfer ke permukaan bumi, unsur tersebut tidak ditinjau sebagai endapan. Bentuk endapan adalah hujan, gerimis, salju dan hujan es (*hail*). Hujan adalah bentuk endapan yang sering dijumpai dan di Indonesia yang dimaksud endapan adalah curah hujan [1]. Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Jumlah

curah hujan dicatat dalam satuan inci atau millimeter, jumlah curah hujan 1 mm artinya tinggi air hujan yang menutupi permukaan per satuan luas (m^2) sebesar 1 mm, jika air tersebut tidak meresap ke dalam tanah, menguap ke atmosfer ataupun mengalir. Hujan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi yang mempengaruhi kesetimbangan sumber daya air di permukaan bumi. Dengan adanya sumber daya air di permukaan akibat dari curah hujan maka dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup dan meningkatkan kesejahteraan dengan mengelolanya dalam bentuk irigasi pertanian, perikanan dan kebutuhan energi serta cadangan air.

Namun demikian hujan selain membawa manfaat juga dapat menimbulkan masalah. Apabila hujan berkurang mengakibatkan kekeringan sedangkan apabila hujan sangat berlebih menyebabkan permukaan tanah banjir jika tidak mampu lagi menampungnya.

Informasi data curah hujan dapat berbentuk temporal (runtut waktu) maupun berbentuk spasial (keruangan). Data temporal dapat memberikan informasi tren atau kecenderungan dari sifat hujan di suatu tempat apakah mengalami kenaikan ataupun sebaliknya. Pentingnya informasi curah hujan spasial di suatu tempat dapat memberikan gambaran daerah mana yang mengalami kekurangan curah hujan dan daerah mana yang mengalami kelebihan curah hujan sehingga dapat ditentukan strategi dalam pengelolaan sumber daya air. Dari informasi tersebut dapat dikatakan bahwa data curah hujan merupakan data klimatologis yang cukup penting.

Pada kenyataannya untuk mendapatkan data pengamatan curah hujan yang representatif (baik kualitas maupun kuantitas / panjang data pengamatan) di suatu tempat sangatlah sulit. Sulitnya mendapatkan data curah hujan tersebut, dikarenakan keterbatasan alat ukur / penakar terutama di daerah yang terpencil, sehingga akan menyulitkan untuk melakukan kajian maupun analisis sumberdaya air berdasarkan data curah hujan di suatu tempat karena tidak semua tempat terdapat stasiun pengamatan curah hujan secara manual maupun otomatis.

Perkembangan teknologi terkini berupa teknologi remote sensing (satelit) mampu membuat terobosan dalam hal informasi presipitasi (curah hujan) karena dengan teknologi remote sensing mampu melakukan pengukuran presipitasi dari jarak jauh (*remote*). Daerah-daerah yang sebelumnya sangat sulit atau hampir mustahil dilakukan pengukuran curah hujan dengan teknologi ini memungkinkan didapatkan data presipitasi, sehingga secara sederhana dapat dikatakan bahwa dengan teknologi satelit dapat didapatkan data curah hujan kapan saja dan di mana saja. Dengan keunggulan ini seharusnya dapat dimanfaatkan lebih jauh untuk mempelajari karakteristik curah hujan di suatu wilayah untuk kepentingan pengelolaan sumber daya air dan pemanfaatannya untuk kesejahteraan manusia. Salah satu teknologi satelit yang sudah dikembangkan adalah TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) yang dikembangkan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dan JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*), yang menghasilkan data presipitasi (hujan) yang didapat dari satelit meteorologi TRMM.

Data TRMM ini telah dipakai untuk menjelaskan kondisi ekstrim curah hujan (bencana banjir) yaitu

pada kejadian banjir Wasior pada bulan Oktober 2010 [2] dan kejadian banjir di wilayah Jakarta pada awal tahun 2013 [3] dengan hasil yang cukup baik. Beberapa analisis dan validasi telah dilakukan untuk wilayah Indonesia.

Prasetya [4], telah melakukan validasi dan prediksi curah hujan bulanan berdasarkan data TRMM PR Level3A25 dengan data pengamatan di wilayah Indonesia. Hasil validasi menunjukkan bahwa data satelit memberikan nilai lebih rendah dari data observasi, kecuali di wilayah anti-monsunal dimana data satelit memberikan nilai lebih besar dari data observasi. Dodo [5], telah membandingkan data curah Hujan bulanan antara hasil pengamatan dengan data TRMM di Zona Prakiraan Musim (ZOM). Hasilnya menunjukkan variasi jumlah sebaran data grid TRMM yang berbeda dari satu ZOM ke ZOM yang lainnya. Namun demikian data curah hujan grid dari TRMM secara selektif dapat digunakan sebagai pelengkap data base curah hujan suatu ZOM untuk prakiraan musim dengan memperhatikan koefisien korelasi dan analisis sifat hujan. Junaeni, dkk [6], menggunakan data curah hujan TRMM tipe 3842 dan memanfaatkannya dalam bidang pertanian untuk menunjang ketahanan pangan dengan cara menguji kesesuaian pola curah hujan TRMM dengan pola curah hujan. Mereka menyatakan curah hujan TRMM sangat berguna dalam mengkaji lebih mendalam perilaku curah hujan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya karena kemiripan polanya dengan curah hujan observasi. Beberapa analisis tersebut di atas masih menggunakan data TRMM NASA dengan resolusi spasial $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ dan resolusi temporal setiap 3 jam.

Pada kenyataannya untuk wilayah lain terutama untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) data TRMM tersebut belum banyak dilakukan validasi dengan data curah hujan pengukuran terutama baik secara temporal maupun secara spasial, sehingga belum dapat dipakai untuk kajian ataupun analisis sumberdaya air terutama jika menyangkut perhitungan sumberdaya air. Dari hal tersebut dipandang perlu untuk melakukan validasi dengan data pengukuran curah hujan baik dari penakar manual maupun penakar otomatis. Apabila sudah dilakukan validasi dan ditemukan pola yang konsisten antara data TRMM dengan hasil pengukuran curah hujan maka kajian maupun analisis curah hujan spasial maupun temporal di setiap wilayah dapat dilakukan dengan lebih akurat.

Tujuan tulisan ini adalah melakukan validasi data TRMM dengan data curah hujan di wilayah Indonesia. Beberapa DAS di wilayah Indonesia yang cukup baik data pengamatan curah hujan adalah : DAS Citarum – Jawa Barat, DAS Brantas Jawa Timur dan DAS Laroni Sulawesi Selatan. Dari ketiga

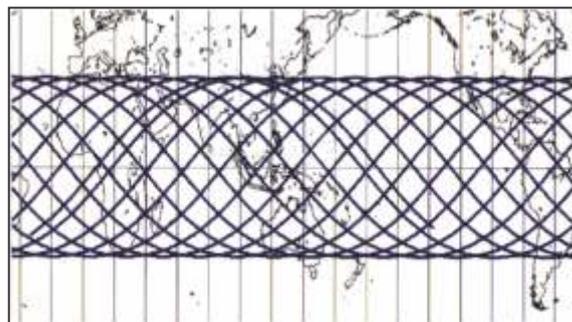
informasi tersebut di atas maka dipandang cukup representatif untuk melakukan validasi data TRMM, sehingga nantinya diharapkan data TRMM dapat digunakan untuk analisis dalam skala luas.

2. Metode Penelitian

TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*)

Data TRMM adalah data presipitasi (hujan) yang didapat dari satelit meteorologi TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) dengan sensornya PR (*Precipitation Radar*), TMI (*TRMM Microwave Imager*), dan VIRS (*Visible and Infrared Scanner*), CERES (*Clouds and the Earth's Radiant Energi System*), dan LIS (*Lightning Imaging Sensor*). Ada beberapa satelit meteorologi selain satelit TRMM, yaitu : Satelit DMSP (*Defense Meteorological Satellite Program*) dengan sensor SSM/I (*Special Sensor Microwave Imager*). Satelit Aqua dengan sensor AMSR-E (*Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System*), dan satelit NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) dengan sensor AMSU-B (*Advanced Microwave Sounding Unit-B*).

Karakteristik umum sensor-sensor satelit TRMM dapat diungkapkan sebagai berikut. Pertama, sensor VIRS (*Visible Infrared Scanner*) terdiri dari 5 kanal, masing-masing pada panjang gelombang 0,63; 1,6; 3,75; 10,8 dan 12 μm . Sensor VIRS ini terutama digunakan untuk pemantauan liputan awan, jenis awan dan temperatur puncak awan, dan sensor VIRS TRMM ini memiliki kemiripan dengan sensor AVHRR NOAA (*Advance Very High Resolution Radiometer, National Oceanic and Atmospheric Administration*). Resolusi spasial dari data yang dihasilkan oleh sensor VIRS ini adalah 2,2 km. Kedua, sensor TMI (*TRMM Microwave Imager*) merupakan suatu *multichannel passive microwave radiometer* yang beroperasi pada 5 frekuensi yaitu 10,65; 19,35; 37,0; dan 85,5 GHz polarisasi ganda dan pada 22,235 GHz polarisasi tunggal. Dari sensor TMI ini dapat diekstraksi data-data untuk integrated column precipitation content, air cair dalam awan (cloud liquid water), es awan (*cloud ice*), intensitas hujan (*rain intensity*), tipe hujan (*rain type*) misalnya hujan stratiform ataukah hujan konvektif. Sensor TMI ini memiliki kemiripan dengan sensor SSM/I DMSP (*Special Sensor Microwave / Imager, Defense Meteorological Satellite Program*). Sensor ke tiga adalah sensor PR (*Precipitation Radar*). Sensor PR ini merupakan sensor radar untuk pemantauan presipitasi yang pertama di antariksa. Sensor PR ini bekerja pada frekuensi 13,8 GHz untuk mengukur distribusi presipitasi secara 3 dimensi, baik untuk presipitasi di atas daratan maupun di atas lautan; serta untuk menentukan kedalaman lapisan presipitasi.

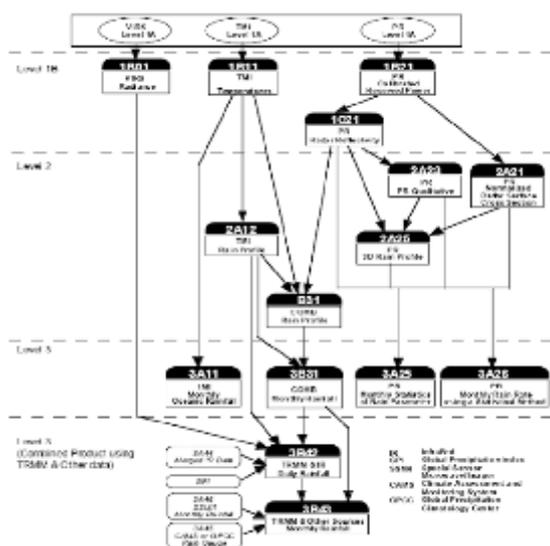


Gambar 1. Orbit satelit TRMM

Data-data yang dihasilkan dari ke-tiga sensor satelit TRMM ini (VIRS, TMI dan PR) dikelola oleh GSFC (*Goddard Space Flight Center*) NASA. Sedangkan sensor ke-empat dan ke-lima dalam satelit TRMM yaitu sensor LIS (*Lightning Imaging Sensor*) dan CERES (*Clouds and Earth's Radiant Energi System*), pengelolaan data yang dihasilkan dari sensor tersebut dilakukan oleh GSFS DAAC (*Distributed Active Archive Center*), adalah bagian dari NASA *Earth Observing System Data and Information System* (EOSDIS). Satelit TRMM tersebut merupakan hasil kerjasama dua badan antariksa nasional, yaitu Amerika Serikat (NASA : *National Aeronautics and Space Administration*) dan Jepang (NASDA : *National Space Development of Japan*; sekarang berubah menjadi JAXA : (*Japan Aerospace Exploration Agency*)). Satelit TRMM diluncurkan pada tanggal 27 November 1997 pada jam 6:27 pagi waktu Jepang dan dibawa oleh roket H-II di pusat stasiun peluncuran roket JAXA di Tanegashima-Jepang.

Satelit TRMM berorbit polar (*non-sunsynchronous*) dengan inklinasi sebesar 35° terhadap ekuator seperti diilustrasikan pada Gambar 1, berada pada ketinggian orbit 350 km (pada saat-saat awal diluncurkan), dan diubah ketinggian orbitnya menjadi 403 km sejak 24 Agustus 2001 sampai sekarang. Pengoperasian satelit TRMM pada ketinggian orbit 403 km ini dikenal dengan istilah TRMM boost

Data. Data hujan yang dihasilkan oleh TRMM memiliki tipe dan bentuk yang cukup beragam yang dimulai dari level 1 sampai level 3. Level 1 merupakan data yang masih dalam bentuk raw dan telah dikalibrasi dan dikoreksi geometrik, Level 2 merupakan data yang telah memiliki gambaran parameter geofisik hujan pada resolusi spasial yang sama akan tetapi masih dalam kondisi asli keadaan hujan saat satelit tersebut melewati daerah yang direkam, sedangkan level 3 merupakan data yang telah memiliki nilai-nilai hujan, khususnya kondisi hujan bulanan yang merupakan penggabungan dari kondisi hujan dari level 2 [7]. Untuk mendapatkan data hujan dalam bentuk mili meter (mm) sebaiknya menggunakan level 3, dengan resolusi spasial $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ dan resolusi temporal setiap 3 jam.



Gambar 2. Diagram alir algoritma TRMM [9]

Gambar 2 merupakan diagram alir algoritma TRMM untuk mendapatkan level dan tipe data tertentu, termasuk input data dan outputnya. Pada hasil akhirnya nanti, beberapa data dari hasil analisis beberapa satelit meteorologi dikombinasikan untuk memproduksi data hujan (presipitasi) yang disebut dengan produk TRMM *Multisatellite Precipitation Analysis* (TMPA) yang memiliki tingkat keakurasian data lebih baik dari data-data aslinya. Data TRMM level 3 (3B42RT) yang berbentuk presipitasi harian telah tersedia secara archive di situs NASA dan dapat diunduh dengan fasilitas ftp di : <ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/3B42RT/> [8]. Data TRMM level 3 yaitu 3B42RT ini biasa lebih dikenal dengan TRMM Giovanni.

Sementara itu *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) [9,10] juga telah memproduksi data TRMM dengan format dan kualitas yang lebih baik. Sebagai prototipe *Global Precipitation Measurement* (GPM), JAXA telah mengembangkan system pengolahan data near - real-time dan menyebarkan lewat situs internet. Algoritmanya dikembangkan berdasarkan proyek *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP) sehingga dikenal dengan GSMaP near real time (GSMaP_NRT). Proyek ini telah diterapkan sejak bulan Oktober 2008. Resolusi horizontal GSMaP_NRT adalah 0,1° lintang / bujur, sedangkan resolusi spasialnya adalah satu jam. Dataset yang disediakan secara near real time (sekitar empat sampai lima jam setelah observasi) secara file transfer protocol (ftp) dengan alamat situs <ftp://hokushai.eorc.jaxa.jp> dengan terlebih dahulu melakukan registrasi. Data *gsmap_nrt* dari Jaxa ini telah dilakukan validasi dan kalibrasi dengan data penakar maupun data radar di Jepang dengan hasil validasi cenderung yang cukup baik. Sementara di Indonesia belum banyak dilakukan kajian maupun analisis terhadap data ini.

Tabel 1. Karakteristik data TRMM antara 3B42RT dan GSMaP_NRT

Parameter	3B42RT	GSMaP_NRT
Produk	NASA	JAXA
Res. Spasial	0.25° Lat/Lon	0.10° Lat/Lon
Res.Temporal	3 jam	1 jam
Alamat unduh :	ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/3B42RT/	ftp://hokushai.eorc.jaxa.jp

Tabel 1. adalah Tabel Karakteristik kedua tipe data TRMM baik dari NASA (3B42RT) maupun dari Jaxa (*gsmap_nrt*). Dilihat dari resolusi spasial maupun temporal maka GSMaP_NRT lebih baik dibandingkan dengan 3B42RT :

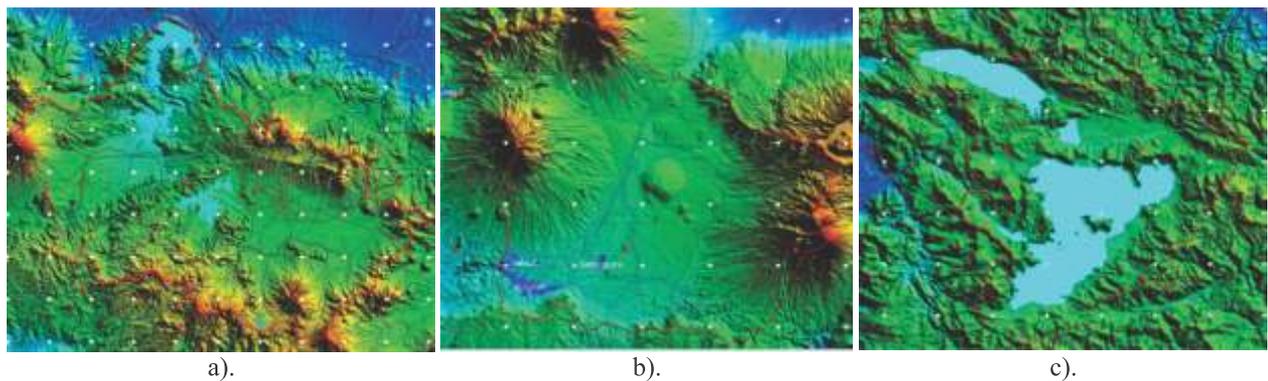
Untuk mengolah kedua data tersebut digunakan aplikasi GrADS (*Grid Analysis and Display System*), sebuah tools interaktif yang sangat mudah untuk mengakses, memanipulasi, dan visualisasi data ilmu kebumihan (*earth science*). Dokumentasi tentang tools ini ada di Grads documentation di situs <http://iges.org/grads> [11]. Untuk memproses file tersebut dengan GrADS diperlukan file kontrol yang berbeda disesuaikan dengan format filenya. Berikut adalah file kontrol untuk file TRMM 3B42RT dan GSMaP_NRT :

File control TRMMNOAA(3B42RT) :

```
dsetd:/data/global/TRMM/3B42RT/%y4/%y4%
m2/3B42RT.%y4.%m2.%d2.%h2z.bin
options template byteswapped
title Three Hourly TRMM and Other Satellite
Rainfall (3B42RT
undef-99999.0
xdef 1440 linear 0.12500000 0.25000000
ydef 480 linear -59.8750000 0.25000000
zdef 1 levels 1000
tdef 2000 linear 00:00Z01jan2009 3hr
vars 1
r 0 99 Hourly Rain Rate (mm/3hr)
endvars
```

File control TRMMJAXA :

```
dsetd:/data/global/TRMM/Jaxa/%y4/%m2/%d2
/gsmap_nrt.%y4/%m2/%d2.%h200.dat
title GSMaP_NRT 0.1deg Hourly
option Yrev Little_endian Template
undef -999.0
xdef 3600 LINEAR 0.05 0.1
ydef 1200 LINEAR -59.95 0.1
zdef 1 LEVELS 1013
tdef 8000 LINEAR 00Z1jan2009 1hr
vars 1
precip 0 99 hourly averaged rain rate
[mm/hr]
endvars
```



Gambar 3. Gambar ketiga DAS yang digunakan dalam penelitian ini : a). DAS Citarum (kiri, 5.8°–7.3° LS/106.3°–106.9° BT), b).DAS Sutami-Brantas (tengah, 7.8°–8.3° LS/112.4°–112.9° BT) dan c). DAS Larona (kanan, 2.4°–3.1° LS/121.2°–121.8° BT).

Daerah Penelitian. Daerah penelitian dilakukan pada tiga Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Citarum Jawa Barat, DAS Sutami Brantas Jawa Timur dan DAS Larona Sulawesi Selatan, seperti terlihat pada Gambar 3. Pemilihan daerah tersebut berdasarkan pada ketersediaan data pengamatan curah hujan. DAS Citarum adalah salah satu DAS dari 40 DAS di Jawa Barat yang memiliki nilai strategis baik bagi Jawa Barat maupun secara nasional karena sungai Citarum memiliki bermacam fungsi untuk memenuhi kebutuhan hidup dan pembangunan. DAS Citarum memiliki luas sekitar 6.540 km², dengan 3 anak sungai utama, yaitu sungai Cisangkuy, sungai Cikapundung dan sungai Cisokan. Secara geografis terletak pada 5.87°LS – 7.33°LS dan 106.25°BT – 106.87°BT dan meliputi sekitar tujuh wilayah administratif kabupaten/kota. Pada DAS ini terdapat 3 bendungan besar, yaitu Waduk Saguling, Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur. Berikut adalah kenampakan DAS Citarum dan grid TRMM (Gambar 3a).

DAS Sutami merupakan sub DAS Brantas yang terletak di Propinsi Jawa Timur. Secara geografis sub DAS ini terletak pada 7.75°LS – 8.27°LS dan 112.40°BT – 112.90°BT (Gambar 3b). Sungai Brantas merupakan sungai utama dari DAS yang mempunyai luas 11.800 km² atau ¼ dari luas Provinsi Jatim. Panjang sungai utama ini 320 km mengalir

melingkari sebuah gunung berapi yang masih aktif yaitu Gunung Kelud. DAS Brantas bagian hulu adalah Sub DAS Sutami Lahor dengan luas sekitar 2.050 km²[12].

DAS Larona terletak di Kabupaten Luwu Timur Sulawesi Selatan yang secara geografis terletak pada 2.35°LS – 3.02°LS dan 121.15°BT – 121.82°BT (Gambar 3c). Luas DAS Larona sekitar 4.600 km² dengan sungai utama adalah sungai Larona yang mempunyai panjang sekitar 120 km. DAS ini mempunyai tiga buah danau alami yang tersusun secara kaskade yaitu Danau Matano, Danau Mahalona dan Danau Towuti. Potensi sumberdaya air telah dimanfaatkan untuk keperluan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Data Curah Hujan. Data curah hujan diambil dari stasiun pengamatan insitu, baik berupa penakar curah hujan manual (seperti data penakar DAS Citarum yang dikelola oleh PJT II, Jawa Barat), otomatis pengambilan secara manual (penakar di DAS Larona yang dikelola oleh PT. Inco, Sorowako Sulawesi Selatan) maupun otomatis melalui sistem telemetring (penakar di DAS Sutami-Brantas yang dikelola oleh PJT I Malang Jawa Timur). Sebanyak 24, 9 dan 14 buah stasiun untuk masing-masing DAS Citarum, DAS Sutami-Brantas dan Larona dipakai dalam analisis ini seperti terlihat dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Data pengamatan curah hujan untuk ketiga DAS Citarum, Sutami-Brantas dan Larona [PJTII, PT Inco, UPTHB]

Nama DAS	Jumlah stasiun	Tahun pengamatan	Tipe data
Citarum	24 stasiun (Cicalengka(T), paseh(T), Chinchona(T), Ciparay(T), UjBerung(T), Bandung(T), Cililin(T), Montaya(T), Sukawana(T), Saguling(T), Cisondari(T), GnCempaka(T), Cipatat, Sindangkerta, Pangalengan, Pacet, Serangsari, Plered, Segalaheerang, Linggasari, PdSalam, Cikao Bandung, Cibukamanah, Sumedang)	2009	Harian, penakar telemetering (T) dan penakar manual
Sutami-Brantas	9 stasiun (Tangkil, Poncokusumo, Dampit, Sengguruh, Wagir, Sutami Dam, Tunggorono, Wates wlingi, Pujon)	2010	Harian, penakar otomatis (telemetri)
Larona	14 stasiun (Hydro, Ledu-ledu, Lioka, Mahalona, Matano, Nuha, Palumba, Plantsite, Sorowako, Togo, Tokalimbo, Timampu, Wawondula)	2010	Harian, penakar otomatis

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis dilakukan dalam dua tahapan yaitu melakukan perbandingan antara data TRMM NASA (3B42RT) dengan TRMM Jaxa (GSMaP_NRT) dan perbandingan antara data TRMM (salah satu di antara keduanya) dengan data curah hujan pengamatan untuk ketiga DAS. Analisis pertama untuk melihat data mana yang mempunyai konsistensi lebih baik dengan pengamatan manual yang nantinya akan dilakukan perbandingan dengan data curah hujan manual.

Perbandingan Antara TRMM NASA (3B42RT) Dengan TRMM JAXA (GSMaP_NRT). Analisis temporal dilakukan terhadap tiga (3) DAS Citarum, Sutami-Brantas dan Larona selama lima (5) tahun dari tahun 2009 – 2013 dengan data TRMM harian untuk kedua tipe (3B42RT dan GSMaP_NRT). Dari kedua tipe tersebut kemudian dibandingkan dengan dibuat plot temporal dan plot sebaran (*scatter plot*) untuk melihat konsistensi simpangannya. Sebelumnya akan dibandingkan contoh kasus untuk analisis spasial kedua tipe data tersebut seperti terlihat pada Gambar 4.

Gambar 4 adalah contoh kasus spasial yang menampilkan peta isoyet untuk tanggal 12 Januari 2014 pada saat kejadian banjir besar di Jakarta yang terjadi sesudahnya (tanggal 13 Januari 2014), gambar di sebelah kiri adalah data TRMM dari Jaxa (GSMaP_NRT) sementara gambar sebelah kanan adalah data TRMM dari NASA (3B42RT). Kedua data diolah dengan pengolahan data (GrADS) dan skala yang sama.

Dari gambar 4. terlihat nilai TRMM Jaxa relatif lebih tinggi dibandingkan TRMM 3B42RT. Untuk kasus kejadian banjir Jakarta, pada tanggal 12 Januari 2014 terlihat bahwa wilayah Jakarta dari data TRMM Jaxa menunjukkan curah hujan mencapai 120-140mm/hari bahkan di pantai utara Jakarta curah hujan mencapai di atas 200 mm/hari, kondisi ini lebih mendekati data pengamatan curah hujan yang mencapai di atas 100 mm/hari. Sedangkan data

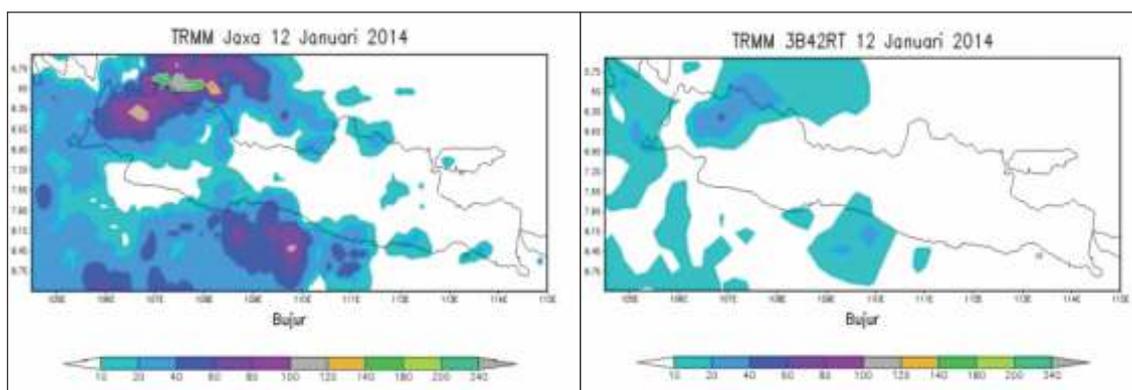
TRMM 3B42RT untuk kasus yang sama menunjukkan nilai curah hujan sekitar 40-60 mm/hari dan hanya 80 mm/hari untuk wilayah pantai Jakarta. Data lain terlihat seperti dalam Tabel 3, yang menunjukkan contoh perbandingan curah hujan aktual dengan TRMM Jaxa (GSMaP_NRT) dan 3B42RT untuk ketiga DAS, secara umum terlihat nilai TRMM 3B42RT lebih rendah dibandingkan TRMM Jaxa. Hal ini menunjukkan bahwa TRMM Jaxa lebih mendekati data pengamatan dibandingkan dengan TRMM NASA (3B42RT).

Analisis selanjutnya adalah analisis time series dengan membandingkan kedua data dengan jangka waktu tertentu. Data yang dipakai adalah presipitasi harian antara tahun 2009 sampai 2013 (selama lima tahun). Grafik presipitasi dan plot scatter antara TRMM NASA dengan TRMM Jaxa untuk DAS Citarum disajikan dalam Gambar 5a. Dari grafik terlihat bahwa nilai TRMM Jaxa cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan TRMM NASA dan terlihat dari persamaan linearnya mempunyai gradien kurang dari 1. Untuk DAS Sutami-Brantas (Gambar 5b) juga menunjukkan bahwa nilai TRMM Jaxa cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan TRMM NASA dengan nilai gradien kurang dari 1. Hal yang sama juga terlihat untuk DAS Larona (Gambar 5c).

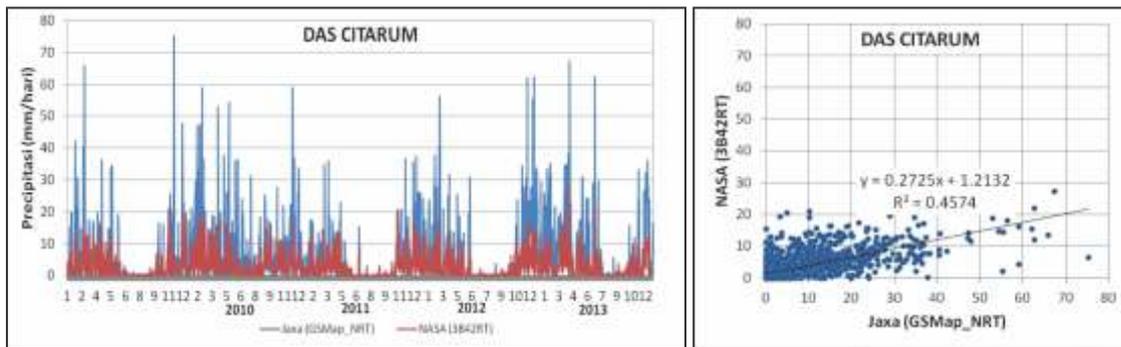
Tabel 3. Perbandingan curah hujan aktual dengan TRMM GSMaP_NRT dan 3B42RT untuk ketiga DAS (dalam mm/hari).

DAS	Tanggal	GSMaP_NRT	3B42RT	Aktual
Citarum	9/1/09	15	2	22
	9/5/09	15	11	22
	22/11/09	16	4	11
Sutami	3/3/09	15	4	17
	26/5/09	44	10	33
	9/1/10	19	10	35
Sorowako	6/1/10	14	3	20
	19/7/10	29	9	24
	21/11/10	10	5	15

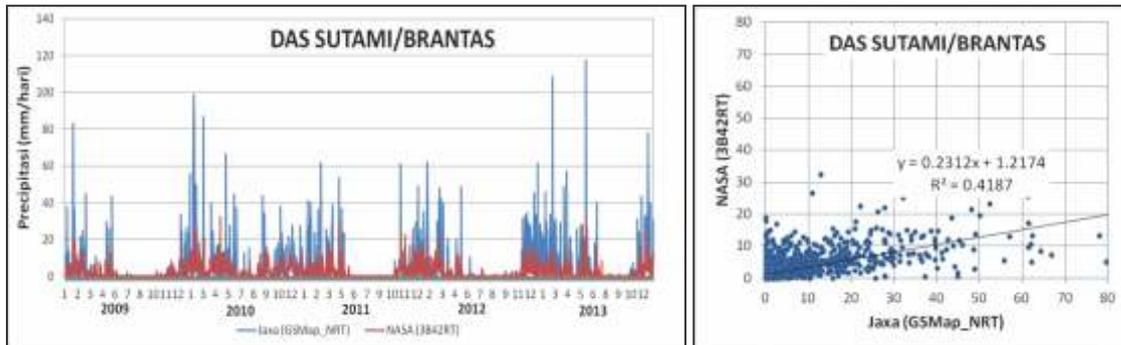
Sumber : Jaxa, NASA, PJT I, PJT II, PT.Inco



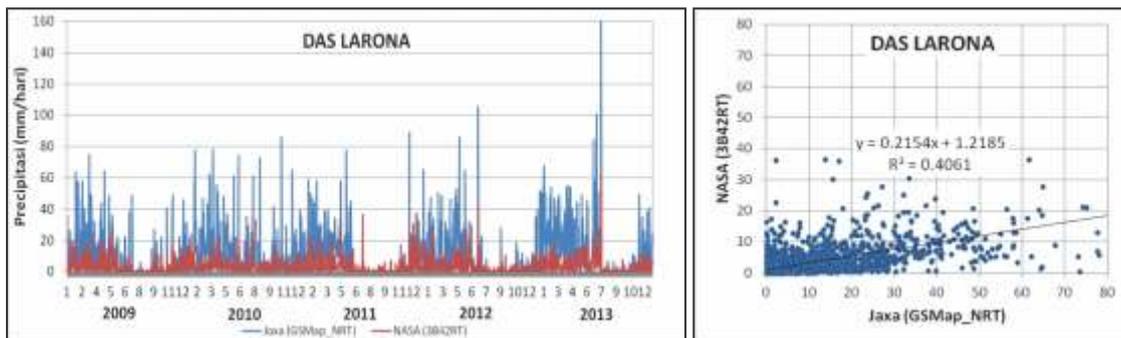
Gambar 4. Contoh plot spasial TRMM untuk kasus tanggal 12 Januari 2014, kiri TRMM Jaxa (GSMaP_NRT) dan kanan TRMM NASA (3B42RT)



Gambar 5a. Grafik presipitasi harian DAS Citarum tahun 2009 – 2013 (kiri), warna merah :3B42RT, biru : GSMaP_NRT. Plot scatter antara keduanya (kanan)



Gambar 5b. Grafik presipitasi harian Sutami-Brantas tahun 2009 – 2013 (kiri), warna merah :3B42RT, biru : GSMaP_NRT. Plot scatter antara keduanya (kanan)



Gambar 5c. Grafik presipitasi harian DAS Larona tahun 2009 – 2013 (kiri), warna merah :3B42RT, biru : GSMaP_NRT. Plot scatter antara keduanya (kanan)

Secara umum nilai gradien antara 3B42RT (sumbu y) terhadap GSMaP_NRT (sumbu x) berkisar antara 0.2 sampai 0.3. Dari hasil analisis di atas menunjukkan bahwa TRMM Jaxa lebih mendekati data pengamatan dibandingkan dengan TRMM NASA (3B42RT), sehingga analisis selanjutnya dengan membandingkan terhadap data curah hujan pengamatan adalah dengan memakai TRMM Jaxa (GSMaP_NRT).

Perbandingan TRMM (GSMaP_NRT) dengan Curah Hujan Aktual. Analisis dilakukan dengan membandingkan data TRMM GSMaP_NRT terhadap data pengukuran dan melakukan perhitungan nilai koefisien korelasi dan nilai *root mean square error* (rmse). Korelasi dinyatakan dengan suatu koefisien

yang menunjukkan hubungan (linier) relatif antara dua peubah. Persamaan koefisien korelasi r adalah :

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (1)$$

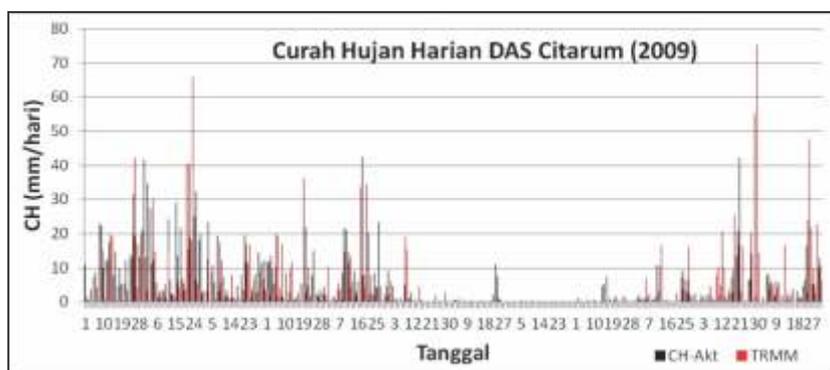
Jika nilai koefisien korelasi semakin besar maka semakin kuat hubungan diantara keduanya sehingga pola nilai estimasi akan semakin mendekati pola data aktualnya. Galat atau error didefinisikan sebagai selisih antara nilai estimasi dengan nilai observasi. RMSE menunjukkan tingkat bias pendugaan yang dilakukan oleh model estimasi. RMSE dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$rmse = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (2)$$

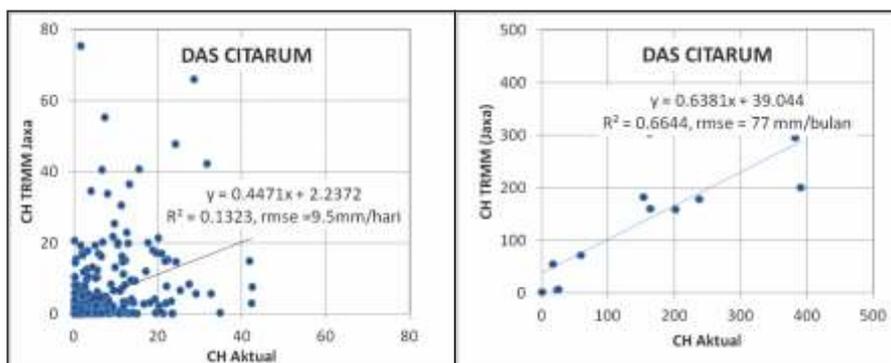
Jika nilai RMSE antara nilai estimasi dengan nilai observasi semakin kecil maka semakin kecil perbedaan diantara keduanya sehingga nilai estimasi akan semakin akurat. Data yang dipakai adalah data harian untuk DAS Citarum tahun 2009, DAS Sutami-Brantas tahun 2009 dan DAS Larona tahun 2010. Hasilnya disajikan pada Gambar 6a, 6b, 7a, 7b, 8a dan Gambar 8b.

DAS Citarum. Hasil analisis untuk DAS Citarum pada Gambar 6a dan Gambar 6b menunjukkan tidak

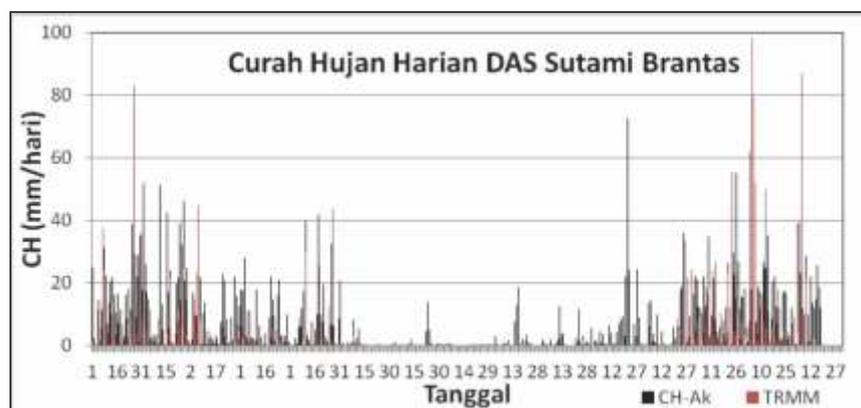
begitu konsisten perbedaannya antara curah hujan aktual dengan TRMM, hal ini terlihat dari plot scatter harian yang nilainya menyebar. Meskipun demikian terlihat bahwa pola TRMM mengikuti pola curah hujan aktual, Untuk plot scatter bulanan nilai korelasinya menjadi lebih baik dibandingkan plot scatter harian (dari 0.13 menjadi 0.67), sedangkan nilai RMSE meningkat dari 9 mm/hari menjadi 77 mm/bulan (6 mm/hari).



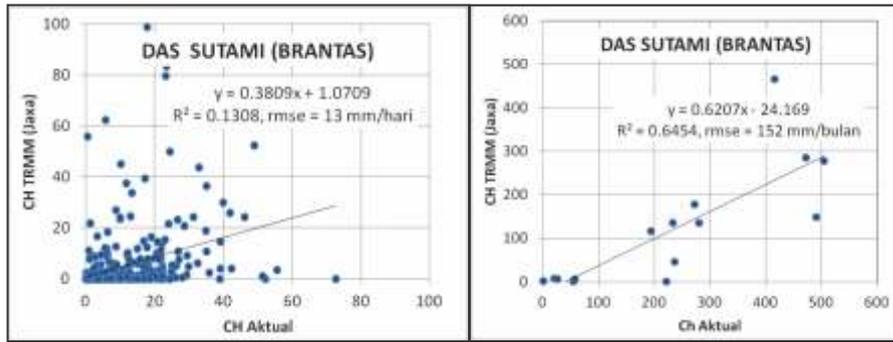
Gambar 6a. Grafik presipitasi harian DAS Citarum antara GMap_NRT dengan aktual.



Gambar 6b. Plot Scatter antara GMap_NRT dengan aktual untuk data harian (kiri) dan bulanan (kanan).



Gambar 7a. Grafik presipitasi harian DAS Sutami-Brantas antara GMap_NRT dengan actual

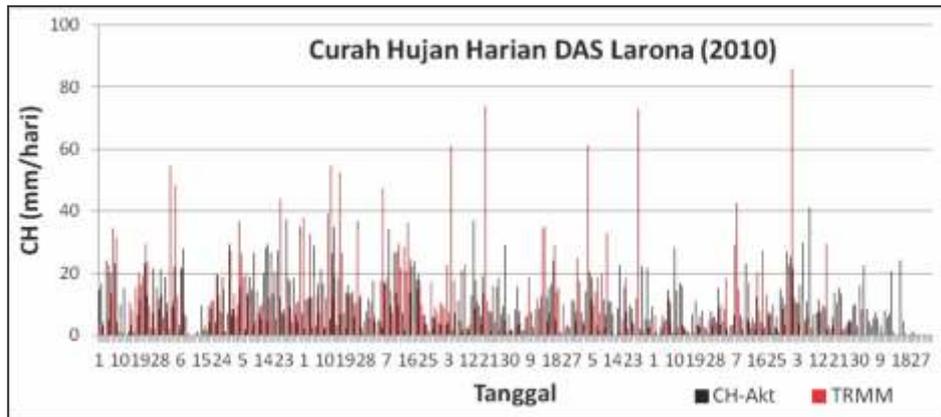


Gambar 7b. Plot Scatter antara GMap_NRT dengan aktual untuk data harian (kiri) dan bulanan (kanan)

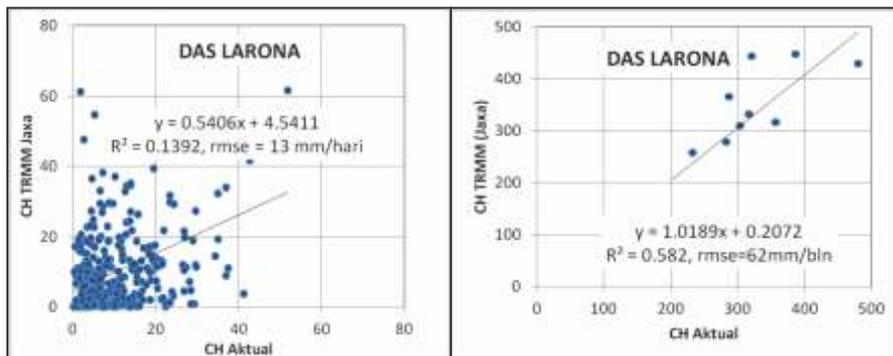
DAS Sutami-Brantas. Hasil analisis untuk DAS Sutami-Brantas seperti ditunjukkan Gambar 7a dan Gambar 7b menunjukkan tidak begitu konsisten perbedaannya antara curah hujan aktual dengan TRMM, yang terkadang nilai TRMM lebih tinggi dibandingkan nilai aktual (bulan November-Desember) dan umumnya nilai TRMM lebih rendah dibandingkan nilai aktual. Hasil plot scatter harian juga terlihat nilainya yang menyebar. Meskipun terlihat bahwa pola TRMM mengikuti pola curah hujan aktual namun pada bulan-bulan kering nilai TRMM kurang begitu sensitif. Untuk plot scatter bulanan nilai korelasinya lebih baik dibandingkan dengan plot scatter harian (dari 0.13 menjadi 0.75),

sedangkan nilai RMSE sedikit turun dari 13 mm/hari menjadi 152 mm/bulan (12.7 mm/hari).

DAS Larona. Curah hujan DAS Larona pada tahun 2010 terjadi hampir sepanjang tahun. Hasil analisis untuk DAS Larona pada Gambar 8a dan Gambar 8b juga menunjukkan tidak begitu konsisten perbedaannya antara curah hujan aktual dengan TRMM. Pola TRMM juga mengikuti pola curah hujan aktual. Untuk plot scatter bulanan nilai korelasinya lebih baik dibandingkan dengan plot scatter harian (dari 0.14 menjadi 0.58), sedangkan nilai RMSE meningkat dari 13 mm/hari menjadi 62 mm/bulan (5.2 mm/hari).



Gambar 8a. Grafik presipitasi harian DAS Larona antara TRMM GMap_NRT dengan aktual



Gambar 8b. Plot Scatter (bawah) antara TRMM GMap_NRT dengan aktual untuk data harian (kiri) dan bulanan (kanan)

Secara umum dari hasil analisis untuk ketiga DAS tersebut memperlihatkan bahwa nilai curah hujan TRMM Jaxa (GSMap_NRT) mempunyai pola yang mengikuti curah hujan pengamatan (aktual) meskipun nilainya cenderung di bawah perkiraan (*under estimate*). Perbedaan ini salah satunya bisa diakibatkan karena pemasangan penakar hujan yang kurang representatif terhadap DAS sehingga rerata curah hujan wilayahnya kurang merepresentasikan DAS tersebut. Untuk plot scatter bulanan nilai korelasinya lebih baik dibandingkan dengan plot scatter harian, sehingga analisis TRMM bulanan lebih merepresentasikan kondisi aktual.

4. Kesimpulan

Untuk mengatasi keterbatasan data curah hujan di wilayah Indonesia dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi satelit yaitu TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), dengan teknologi ini daerah-daerah yang sebelumnya sangat sulit dilakukan pengukuran curah hujan memungkinkan didapatkan data curah hujan. Data tersebut perlu dilakukan validasi dengan data pengamatan curah hujan. Pada penelitian ini telah validasi terhadap data pengukuran di DAS Citarum – Jawa Barat, DAS Brantas Jawa Timur dan DAS larona Sulawesi Selatan.

Dari analisis dua jenis tipe data TRMM NASA (3B42RT) dan TRMM Jaxa (GSMap_NRT) menunjukkan bahwa TRMM Jaxa lebih mendekati data pengamatan dibandingkan dengan TRMM NASA. Hasil analisis terhadap data pengukuran menunjukkan pola yang sesuai dengan nilai pengamatan (aktual). Nilai korelasi antara data TRMM dengan data pengamatan akan lebih baik apabila analisis data menggunakan data bulanan.

Disarankan untuk melakukan validasi data TRMM Jaxa dengan data pengamatan yang lebih panjang untuk beberapa wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) maupun Daerah Prakiraan Iklim di wilayah Indonesia.

Daftar Pustaka

[1] Bayong, T. H. K. (2004) *Klimatologi*. ITB. Bandung.

[2] Renggono, F & D. Syaifullah (2011). Kajian Meteorologis Bencana Banjir Bandang di Wasior, Papua Barat. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(1), 33-41.

[3] Syaifullah, D. (2013) Kondisi curah hujan pada kejadian banjir Jakarta dan Analisis kondisi udara atas wilayah Jakarta bulan Januari-Februari 2013. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca (JSTMC)*, 14(1), 19-26.

[4] Rakhmat P (2010) Prediction of Monthly Rainfall based on the TRMM Precipitation Radar Satellite Data Over Region of Indonesia. Tesis. Universitas Udayana

[5] Gunawan D, F Setyawan, Hariadi, T A Nuraini, U A Linarka, & Eko Heriyanto. (2010) Pemanfaatan Data Curah Hujan Satelit TRMM untuk Database Zona Prakiraan Musim. Laporan Akhir Program Insentif Riset Terapan, Kementerian Riset dan Teknologi.

[6] Junaeni I, T Hardjana, Nurzaman, A Suryantoro, & Martono. (2010) Pemanfaatan Data TRMM untuk Menunjang Ketahanan Pangan. Laporan Akhir Program Insentif Riset Terapan, Kementerian Riset dan Teknologi. November 2010.

[7] Feidas, H. (2010) Validation of satellite rainfall products over Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(1-2), 193-216.

[8] *National Aeronautics and Space Administration (NASA) TRMM Background*, (http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/background.html), diakses Desember 2013.

[9] *National Space Development Agency of Japan (NASDA), Earth Observation Center (2001), TRMM Data Users Handbook* (http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/document/text/handbook_e.pdf), diakses Nov 2013.

[10] Japan Aerospace Exploration Agency Earth Observation Research Center, (2013). *User's Guide for Global Rainfall Map in Near-Real-Time by JAXA Global Rainfall Watch (GSMap_NRT)*, Version 2.4.

[11] Misako KACHI. (2012). Overview of Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMap). Earth Observation Research Center (EORC), Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), (http://www.internationalfloodnetwork.org/wwf6_japan_pavilion/pdf/JAXA_KACHI.pdf), diakses November 2013.

[12] The Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA). Grid Analysis and Display System (GrADS), The Institute of Global Environment and Society, Inc. (<http://iges.org/grads/>), diakses Desember 2012.

[13] Takeuchi, K. A.W. Jayawardena & Y. Takahasi (eds.) (1995). *Catalogue of Rivers for Southeast Asia and the Pacific – Volume 1*, The UNESCO-IHP Regional Steering Committee for Southeast Asia and the Pacific

[14] Moin, P. Mathematical and Computational Methods for Engineer, Fortran 77 Tutorial, Course outline, (http://www.stanford.edu/class/me200c/tutorial_77/), diakses 23 November 2012.