

Original Research

Pemanfaatan data satelit *tropical rainfall measuring mission* (TRMM) untuk pemetaan zona agroklimat neraca air lahan di Kalimantan Tengah

Utilization of Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite data for mapping of agroclimate zone of soil water balance in Central Kalimantan

Imam Mashudi^{1,*}, M. Anwar¹, Fengky F. Adji¹¹ Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Palangka Raya* Korespondensi: Imam Mashudi (Email: imam.hudi59@gmail.com)<https://e-journal.upr.ac.id/index.php/jem><https://doi.org/10.37304/jem.v2i1.2655>

Received: 27 October 2020

Revised: 17 November 2020

Accepted: 20 November 2020

Abstract

The limited distribution density of the network of rainfall observation posts in the Central Kalimantan region is a problem for conducting soil water balance analysis and making climate information. Utilization of TRMM satellite data is an alternative data that needs to be studied to overcome the limitations of surface observation data. This research aims to validate the TRMM 3B43 satellite data with surface rainfall data to create an agroclimate zone of the soil water balance in the Central Kalimantan region. The data validation uses statistical analysis by looking at the correlation value (r) and the significant correlation test. Making agroclimate zones of soil water balance by calculating groundwater availability and surplus deficits using the Thornthwaite and Mather method. The results of the are spatially mapped using Arc GIS 10.2 software. The validation results of TRMM satellite rainfall data and surface rainfall show high correlation values for monthly averages with a correlation of 0.95. The results of the analysis of the ground water balance indicate the period of availability of ground water in the sufficient category occurred almost throughout the year for the North Central Kalimantan region, while other Central Kalimantan regions varied in the November-June period. While the water surplus period varies with a period of 4-12 months. Results of the water balance analysis for the level of availability of ground water in the category of less (<40%) and the water deficit occurred in July-October (4 months).

Keywords

TRMM data, TRMM data validation, agroclimate zone, soil water balance

Intisari

Terbatasnya kerapatan sebaran jaringan pos-pos pengamatan curah hujan di wilayah Kalimantan Tengah menjadi permasalahan untuk melakukan analisis neraca air lahan dan pembuatan informasi iklim. Pemanfaatan data satelit TRMM merupakan alternatif data yang perlu dikaji untuk mengatasi keterbatasan data observasi permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi data satelit TRMM 3B43 dengan data curah hujan permukaan untuk membuat zona agroklimat neraca air lahan di wilayah Kalimantan Tengah. Validasi data mempergunakan analisis statistik dengan melihat nilai korelasi (r) dan uji signifikan nilai korelasi. Pembuatan zona agroklimat neraca air lahan dengan menghitung ketersediaan air tanah dan surplus defisit mempergunakan metode Thornthwaite dan Mather. Hasil perhitungan dipetakan secara spasial menggunakan software Arc GIS 10.2. Hasil validasi data curah hujan satelit TRMM dan curah hujan permukaan menunjukkan nilai korelasi yang tinggi untuk rata-rata bulanan dengan korelasi 0,95. Hasil analisis neraca air lahan menunjukkan periode ketersediaan air tanah dengan kategori cukup terjadi hampir sepanjang tahun untuk wilayah Kalimantan Tengah bagian Utara, sedangkan wilayah Kalimantan Tengah lainnya bervariasi pada periode bulan November-Juni. Sedangkan periode surplus air bervariasi dengan periode 4-12 bulan. Hasil Analisis neraca air untuk tingkat ketersediaan air tanah pada kategori kurang (<40%) dan defisit air terjadi pada bulan Juli-Oktober (4 bulan).

Kata kunci

Data TRMM, validasi data TRMM, zona agroklimat, neraca air lahan

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan informasi iklim dewasa ini sangat diperlukan oleh berbagai bidang seperti: bidang pertanian, perkebunan, pertambangan dan bidang strategis lainnya. Hal ini menjadi tantangan bagaimana menyediakan informasi iklim yang akurat, tepat dan mudah dipahami oleh pengguna di berbagai bidang. Informasi iklim tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam mengambil suatu kebijakan, strategi dan perencanaan pembangunan, sebagai langkah adaptasi dan mitigasi menghadapi perubahan iklim.

Meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk dengan segala aktifitasnya dapat menyebabkan kerusakan ekologi dan berdampak terhadap perubahan iklim. Dampak perubahan iklim di Indonesia yang dapat dirasakan saat ini adalah semakin keringnya musim kemarau dan meningkatnya intensitas curah hujan pada saat musim hujan. Kondisi iklim di wilayah Indonesia juga dipengaruhi fenomena global atmosfer dan lautan yang disebut *El Nino* dan *La Nina*. Fenomena *El Nino* berdampak terhadap kekeringan yang panjang di beberapa wilayah Indonesia yang memicu terjadinya kebakaran hutan dan lahan, sedangkan fenomena *La Nina* justru sebaliknya mengakibatkan meningkatnya jumlah hujan di beberapa wilayah Indonesia yang menyebabkan bencana banjir dan longsor, selain itu peningkatan jumlah curah hujan pada musim kemarau (kemarau basah) juga berdampak terhadap bidang pertanian seperti petani tembakau dan bawang yang berpotensi mengalami kegagalan hasil panen.

Langkah antisipatif terhadap perubahan iklim dan dampak yang ditimbulkan menjadi hal yang sangat penting, termasuk peningkatan kemampuan analisis iklim terkait prakiraan iklim harus ditingkatkan. Peningkatan kemampuan prakiraan curah hujan secara akurat dapat dilakukan sampai berapa besar air yang tercurah serta ketersediaannya dan disimpan oleh tanah dalam jangka waktu tertentu harus dapat dihitung dan dianalisis. Informasi tersebut bermanfaat untuk memprediksi dan menentukan waktu tanam yang tepat, untuk antisipasi perubahan iklim yang ekstrim, serta dapat memberikan informasi peringatan dini kepada masyarakat tani tentang potensi kekeringan dan kebanjiran. Salah satu informasi iklim yang bermanfaat di bidang pertanian adalah analisis neraca air. Analisis neraca air sangat bermanfaat untuk kegiatan pertanian karena dapat memberikan informasi status air lahan kapan terjadinya periode surplus maupun defisit air.

Pengamatan curah hujan yang dilakukan dengan alat pencatat curah hujan (*rain gauge*) baik secara manual maupun otomatis memiliki keterbatasan baik jumlah maupun kerapatan stasiun pengamatan. Masih terbatasnya kerapatan sebaran jaringan pos-pos pengamatan curah hujan menjadi penghambat dalam kegiatan analisis data curah hujan. Untuk membuat suatu informasi iklim yang akurat secara spasial dan temporal diperlukan kerapatan

jaringan pengamatan curah hujan dan kontinuitas data yang memadai.

Seiring dengan perkembangan teknologi dibidang penginderaan jarak jauh seperti satelit dan radar, pengukuran curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi tersebut sehingga memungkinkan untuk melakukan pemantauan curah hujan pada wilayah yang luas bahkan tempat yang tidak dapat dijangkau oleh peralatan konvensional. Keunggulan teknologi *remote sensing* seharusnya dapat dimanfaatkan lebih jauh untuk mempelajari karakteristik cuaca dan iklim di suatu wilayah untuk kepentingan pengelolaan sumber daya air dan pemanfaatannya untuk kesejahteraan masyarakat (Syaifullah, 2014). Khusus untuk wilayah tropik, saat ini telah tersedia sebuah perangkat *remote sensing* yang melakukan misi pengukuran curah hujan di wilayah tropik menggunakan satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measurement Mission*). Satelit TRMM mampu mengukur intensitas curah hujan mulai dari skala tiga jam-an, harian hingga bulanan.

Pemanfaatan data satelit TRMM sudah banyak digunakan dalam berbagai kajian masalah cuaca dan iklim di Indonesia, seperti penggunaan data satelit TRMM untuk kajian analisis kondisi cuaca ekstrim (Renggono dan Syaifullah, 2011; Marpaung et al., 2012). Selain itu ditambahkan oleh Suryantono et al. (2008) bahwa variasi spasio temporal curah hujan Indonesia berbasis observasi satelit TRMM, dimana karakteristik data TRMM mempunyai pola yang sama dengan data observasi di permukaan. Hal ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Mamenun et al. (2014) saat melakukan validasi data satelit TRMM 3B42RT pada 3 (tiga) pola curah hujan di Indonesia, bahwa perbandingan data TRMM terhadap data Observasi menunjukkan pada wilayah pola hujan monsun pola satelit TRMM cukup mendekati data hujan observasi. Pemanfaatan data TRMM memberikan informasi interaksi sebaran spasial temporal curah hujan antara daratan dan lautan di Indonesia yang dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor pengendali iklim yang berperan dalam proses abnormalisasi curah hujan (As-Syukur et al., 2011).

Sebaran dan kerapatan jaringan pos-pos pengamatan hujan di wilayah Kalimantan Tengah yang belum merata menjadi permasalahan dalam melakukan analisis dan pembuatan informasi iklim. Pemanfaatan data satelit TRMM merupakan salah satu alternative data yang perlu dikaji untuk mengatasi keterbatasan data observasi permukaan sehingga diharapkan dapat memberikan informasi iklim yang lebih baik dan akurat yang dapat dimanfaatkan untuk pengelolaan sumber daya alam.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di wilayah Provinsi Kalimantan Tengah yang terletak diantara 0°44'54" LU-03°47'07" LS dan 110°43'54" BT-115°47'36" BT. Wilayah Provinsi

Kalimantan Tengah terletak di bagian tengah Pulau Kalimantan dengan batas di sebelah Barat dengan Provinsi Kalimantan Barat, sebelah timur dengan Provinsi Kalimantan Selatan, sebelah selatan dengan Laut Jawa dan sebelah utara dengan Provinsi Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara. Luas wilayah Provinsi Kalimantan Tengah mencapai 153.564 km² dan secara administratif wilayah Provinsi Kalimantan Tengah terdiri dari 13 Kabupaten dan satu Kota.

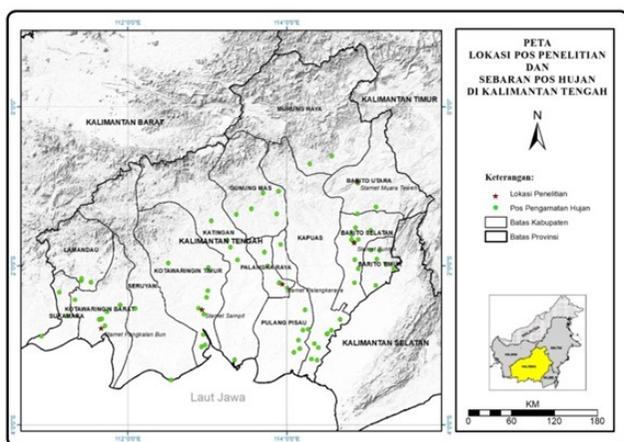
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satelit TRMM jenis 3B43 berbentuk data grid yang memiliki resolusi temporal bulanan dan resolusi spasial 0,25° x 0,25° dengan periode data tahun 1998-2015. Format data yang tersedia berbentuk binary dan dapat diunduh dari halaman *website* seperti berikut ini ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/3B43_V7.

Data suhu permukaan reanalysis berupa data grid dari European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) periode 1998-2015 dalam format netcdf yang di unduh dari <http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/browse-reanalysis-datasets>.

Data curah hujan permukaan sebagai data pembanding adalah periode 1998-2015 dari 5 lokasi titik pengamatan yang bersumber dari BMKG Kalimantan Tengah yaitu:

1. Stasiun Meteorologi Tjilik Riwut Palangkaraya 2.228 °LS dan 113.946 °BT
2. Stasiun Meteorologi Pangkalanbun 2.783 °LS dan 111.667 °BT
3. Stasiun Meteorologi Muara Teweh 0.941 °LS dan 114.883 °BT
4. Stasiun Meteorologi Sampit 2.55 °LS dan 112.933 °BT
5. Stasiun Meteorologi Buntok 1.709 °LS dan 114.846 °BT

Lokasi penelitian dan sebaran pos pengamatan hujan yang ada di wilayah Kalimantan Tengah disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian dan sebaran pos hujan di Kalimantan Tengah

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penentuan data input

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan bulanan dari satelit TRMM jenis 3B43 dengan periode data 1998-2015 yang berbentuk grid dengan resolusi spasial 0,25° x 0,25°. Format data berbentuk binary yang diunduh dari ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/3B43_V7. Data pendukung berupa data curah hujan bulanan permukaan periode tahun 1998-2015 dari beberapa titik pengamatan BMKG di Kalimantan Tengah untuk validasi data TRMM. Data suhu permukaan bulanan dari data reanalysis ECMWF dalam format data netcdf periode tahun 1998-2015.

2. Ekstraksi data satelit TRMM

Data satelit TRMM format binary diekstraksi pada grid tertentu (wilayah domain penelitian) dengan menggunakan *software GRADS*. Selanjutnya dilakukan konversi data binary menjadi data numerik dengan *software Matlab*. Data hasil konversi disusun sebagai series data bulanan tahun 1998-2015.

3. Proses validasi data curah hujan satelit TRMM dan data curah hujan permukaan

Untuk Proses validasi data curah hujan TRMM dan data curah hujan permukaan dilakukan analisis statistik dengan menghitung nilai korelasi (r) dan RMSE (*Root Mean Square error*). Koefisien korelasi dihitung dengan menggunakan persamaan (Wilks, 2011):

$$r_{\hat{Y}Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})^2}}$$

Dimana:

$r_{\hat{Y}Y}$ = koefisien korelasi antara data satelit TRMM dengan data curah hujan observasi permukaan

Y_i = data satelit TRMM pada periode ke-i dengan i = 1, 2, ..., n

\bar{Y} = nilai rata-rata data satelit TRMM

\hat{Y}_i = data curah hujan observasi pada periode ke-i dengan i = 1, 2, ..., n

$\bar{\hat{Y}}$ = nilai rata-rata curah hujan observasi

n = panjang periode

Nilai RMSE dinyatakan dengan rumus (Wilks, 2011):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^n (Y_k - \hat{Y}_k)^2}$$

4. Perhitungan neraca air

Tahapan perhitungan neraca air sebagai berikut:

- Proses ekstraksi data suhu permukaan reanalysis ECMWF pada grid yang telah ditentukan
- Menghitung nilai rata-rata suhu permukaan periode 1998-2015 untuk setiap grid yang ditentukan
- Menghitung nilai Evapotranspirasi potensial (ETP) menggunakan metode Thornthwaite dan Mather (1957)
- Menghitung selisih Curah hujan dan ETP (CH-ETP)
- Menghitung akumulasi potensial kehilangan air (APWL) Menghitung penjumlahan nilai CH-ETP yang negatif secara berurutan bulan demi bulan
- Menghitung kandungan air tanah (KAT) Tentukan nilai KAT dimana terjadi pertama APWL hingga terakhir terjadi APWL dengan rumus:

$$KAT = TLP + \left[\left[1,00041 - (1,07381/AT) \right]^{APWL} \times AT \right]$$

Dimana:

TLP = Titik Layu Permanen
 KL = Kapasitas Lapang
 AT = Air Tersedia = KL-TLP
 |APWL| = Nilai absolut APWL

- Menghitung perubahan kadar air tanah (dKAT). Nilai dKAT dihitung dengan mengurangi KAT bulan ini dengan KAT bulan sebelumnya.
- Menghitung Evapotranspirasi Aktual (ETA)
 Apabila CH > ETP maka ETA = ETP,
 Apabila CH < ETP maka ETA = CH + |dKAT|
- Menghitung defisit (D = ETP-ETA)
- Menghitung Surplus (S = CH-ETP -dKAT)
- Menghitung tingkat ketersediaan air tanah dengan rumusan sebagai berikut:

$$\text{Ketersediaan air tanah (ATI)} = \frac{KAT - TLP}{KL - TLP} \times 100\%$$

Dimana:

KAT = Kadar Air Tanah
 TLP = Titik Layu Permanen
 KL = Kapasitas Lapang dan air tersedia

Yang dikategorikan ke dalam 3 bagian yaitu:

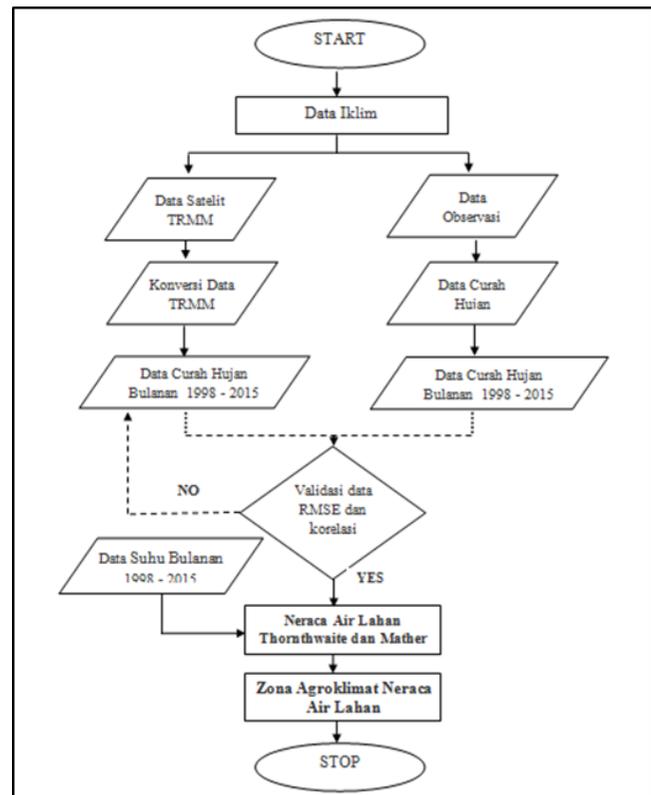
- ◆ Kurang, jika ketersediaan air tanah <40%
- ◆ Sedang, jika ketersediaan air tanah 40%-60%
- ◆ Cukup, jika ketersediaan air tanah >60%

Selanjutnya hasil perhitungan neraca air pada setiap titik grid data yang ditentukan dilakukan analisis spasial berupa pembuatan peta tingkat ketersediaan air tanah dan surplus/defisit air setiap bulannya. Secara skematis prosedur penelitian ini ditunjukkan dengan diagram alur yang disajikan pada Gambar 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Validasi Data Satelit TRMM dan Data Curah Hujan Permukaan

Berdasarkan data pengamatan curah hujan permukaan



Gambar 2 Alur penelitian

dan data satelit TRMM, kemudian dilakukan proses validasi data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan dalam penelitian ini dengan mengambil sampel 5 titik pengamatan curah hujan dari pengamatan Stasiun Meteorologi di wilayah Kalimantan Tengah yang kontinuitas datanya paling baik. Validasi data satelit TRMM dengan data curah hujan permukaan bertujuan untuk melihat sejauh mana keakuratan data TRMM dapat menggambarkan curah hujan permukaan. Tingkat hubungan antara kedua data tersebut dianalisis dengan nilai korelasi (r) dan RMSE (*Root Mean Square error*) untuk melihat sejauh mana perbedaan nilai atau variasi antara kedua data tersebut. Hasil penelitian terdahulu di beberapa wilayah menunjukkan nilai korelasi yang cukup bagus antara data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan.

Secara rinci hasil analisis perhitungan nilai korelasi (r) dan RMSE (*Root Mean Square error*) data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan disajikan pada Tabel 1.

Nilai korelasi (r) *series* data bulanan satelit TRMM dengan data curah hujan permukaan mempunyai nilai korelasi yang baik berkisar 0,64-0,80 dengan nilai rata-rata korelasi keseluruhan sampel sebesar 0,71. Menurut Sugiyono (2013) nilai korelasi 0,71 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan. Nilai korelasi yang paling tinggi sebesar 0,80 di daerah Pangkajene dan nilai korelasi paling kecil sebesar 0,64 di daerah Palangkaraya. Untuk nilai RMSE berkisar 80,2-112,6 mm dengan nilai rata-rata RMSE sebesar 103,6 mm. Nilai RMSE yang paling kecil

Tabel 1 Nilai korelasi dan RMSE data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan

No	Titik Pengamatan	Series Bulanan		Rata-rata Bulanan	
		r	RMSE	r	RMSE
1	Palangkaraya	0,64	112,1	0,91	53,4
2	Pangkalambun	0,80	80,2	0,98	35,3
3	Muara Teweh	0,67	112,6	0,96	27,8
4	Sampit	0,75	104,6	0,95	36,2
5	Buntok	0,71	98,3	0,93	34,3
Rata-rata		0,71	103,6	0,95	37,4

sebesar 80,2 mm di daerah Pangkalambun dan nilai RMSE paling besar sebesar 112,6mm di daerah Muara Teweh.

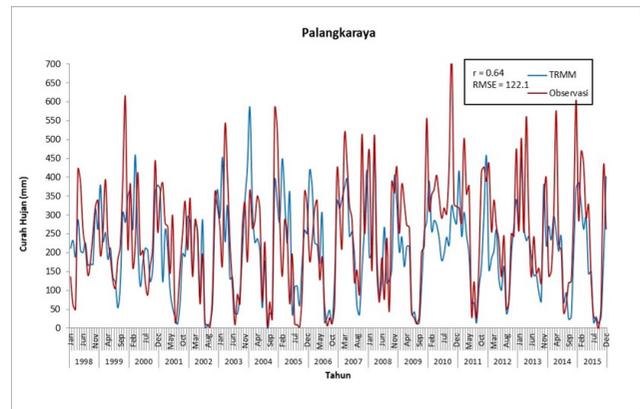
Nilai korelasi (r) rata-rata bulanan satelit TRMM dengan data curah hujan permukaan pada 5 titik pengamatan di wilayah Kalimantan Tengah diperoleh nilai korelasi diatas 0,90. Nilai korelasi yang paling tinggi sebesar 0,98 di daerah Pangkalambun. Menurut Sugiyono (2013) nilai korelasi rata-rata 0,95 menunjukkan tingkat hubungan yang sangat kuat antara kedua data tersebut. Nilai RMSE rata-rata bulanan data satelit TRMM dan curah hujan permukaan berkisar antara 27,8-53,4 mm dengan RMSE rata-rata sebesar 37,4 mm.

Perbandingan antara Nilai korelasi (r) dan RMSE series data bulanan dan rata-rata bulanan menunjukkan hasil nilai rata-rata bulanan lebih baik dibandingkan dengan series data bulanan.

Gambaran secara visual kesesuaian pola antara data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan, dilakukan plot data kedalam bentuk grafik untuk menunjukkan kesesuaian pola curah hujannya. Pada Gambar 3. grafik series data bulanan satelit TRMM dan data curah hujan permukaan periode 1998-2015 di Palangkaraya menunjukkan pola curah hujan yang hampir sama dan bersesuaian. Hal ini sesuai dengan penelitian Gunawan (2008) dan Suryantoro *et al.* (2008) yang menunjukkan bahwa pola curah hujan data satelit TRMM dapat menggambarkan kondisi curah hujan yang terjadi di permukaan. Data satelit TRMM cukup stabil mengikuti pola yang ditunjukkan data curah hujan permukaan walaupun tidak persis berhimpit hal ini dikarenakan data satelit TRMM merupakan gambaran kandungan air yang ada di atmosfer. Sedangkan data curah hujan permukaan merupakan air yang terukur dipermukaan. Grafik perbandingan pola data satelit TRMM dan curah hujan permukaan untuk sampel titik pengamatan lainnya disajikan pada Lampiran 1.

Secara rinci grafik perbandingan data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan Palangkaraya disajikan pada Gambar 3.

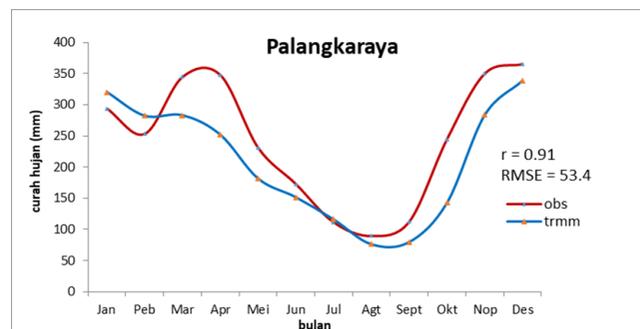
Perbandingan rata-rata bulanan pola data satelit TRMM dan curah hujan permukaan juga menunjukkan adanya kesesuaian pola yang cukup baik. Pada grafik rata-rata bulanan Palangkaraya terlihat pola yang hampir mirip dan



Gambar 3 Data series satelit TRMM dan curah hujan permukaan Palangkaraya

bersesuaian. Gambar grafik rata-rata bulanan data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan untuk sampel titik pengamatan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Secara rinci grafik rata-rata bulanan data satelit TRMM dan curah hujan permukaan Palangkaraya disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Rata-rata bulanan data satelit TRMM dan curah hujan Palangkaraya

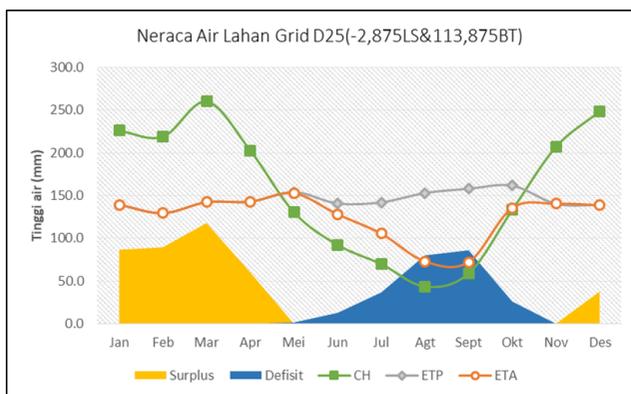
Dari hasil perhitungan nilai korelasi dan perbandingan Pola curah hujan satelit TRMM dan curah hujan permukaan menunjukkan nilai r rata-rata 0,95 artinya bahwa data satelit TRMM sangat memungkinkan untuk dipergunakan sebagai

data suplemen pengganti data curah hujan permukaan yang ditunjukkan dengan nilai korelasi yang kuat. Hasil ini bersesuaian dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan korelasi yang tinggi di wilayah pola hujan monsonal ($r > 0,8$), cukup tinggi pada pola hujan equatorial ($r > 0,6$) dan pada pola hujan lokal ($r = 0,75$) (Mamenun et al., 2014; Prasetya, 2010; As-Syakur et al., 201). Perbandingan plot data TRMM dan curah hujan permukaan sangat memungkinkan untuk memanfaatkan data satelit TRMM untuk melakukan analisis data curah hujan, khususnya untuk mengisi data kosong curah hujan permukaan yang tidak ada titik pengamatan curah hujan.

3.2 Analisis Neraca Air Lahan dan Pemetaan Zona Agroklimat Neraca Air Lahan

Berdasarkan data satelit TRMM 3B43 dan data suhu reanalisis pada setiap titik grid yang ditentukan dilakukan analisis dan perhitungan neraca air lahan yang disajikan dalam bentuk analisis spasial zona Agroklimat Neraca Air Lahan wilayah Kalimantan Tengah.

Hasil perhitungan neraca air lahan pada titik grid disajikan pada Gambar 4 dan untuk sampel titik grid penelitian lainnya disajikan pada Lampiran 3. Gambar 4 menunjukkan keadaan surplus dan defisit air pada titik grid D25 (-2.875 LS, 113.875 BT). Periode surplus air terjadi selama 5 bulan yakni pada bulan Desember sampai dengan April, sedangkan periode defisit air terjadi selama 6 bulan yakni pada bulan Mei sampai dengan Oktober. Kondisi surplus maupun defisit air tentunya akan mempengaruhi ketersediaan air yang ada di daerah tersebut.



Gambar 5 Grafik neraca air lahan pada titik grid D25 (-2.875 LS, 113.875 BT)

Periode surplus air terjadi dikarenakan pada bulan-bulan tersebut curah hujan (CH) yang terjadi lebih besar dari evapotranspirasi (ETP), sedangkan periode defisit air terjadi dimana curah hujan yang terjadi lebih kecil dari evapotranspirasi (ETP). Pada bulan November ditunjukkan nilai $CH > ETP$ akan tetapi kondisi surplus ataupun defisit airnya sama dengan 0 (nol), hal ini menunjukkan kondisi kelebihan air yang terjadi akibat curah hujan dipergunakan

untuk mengisi ketersediaan air tanah melalui proses infiltrasi. Kondisi surplus air terjadi apabila kondisi tanah sudah menjadi jenuh atau mencapai nilai dari kapasitas lapangnya.

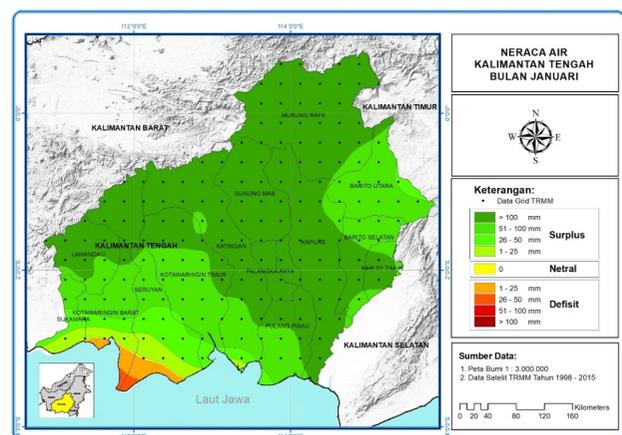
Analisis neraca air berupa tingkat ketersediaan air dan surplus/defisit air tentunya sangat bermanfaat untuk perencanaan dan pengelolaan air. Periode Surplus air tentunya harus dioptimalkan untuk keperluan pertanian tadah hujan dan penyimpanan air cadangan berupa pembuatan irigasi atau embung untuk keperluan pada saat periode musim kemarau.

Hasil perhitungan neraca air lahan pada setiap titik grid yang ditentukan dilakukan analisis secara spasial tingkat ketersediaan air tanah dan surplus/defisit air berupa peta spasial dengan menggunakan software Arc GIS 10.2 sehingga memberikan gambaran analisis neraca air lahan setiap bulannya untuk wilayah Kalimantan Tengah.

• Analisis Neraca Air Lahan bulan Januari

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Januari secara umum pada kategori cukup. Gambaran detail peta ketersediaan air tanah bulan Januari disajikan pada Lampiran 4.

Analisis neraca air secara umum wilayah Kalimantan Tengah mengalami surplus air lebih dari 100 mm. Daerah surplus air 51-100 mm meliputi wilayah Barito Utara, Barito Selatan bagian Utara, sebagian wilayah Kotawaringin Timur, sebagian wilayah Seruyan, sebagian wilayah Kotawaringin Barat, sebagian wilayah Sukamara dan sebagian wilayah Lumadai, sedangkan sebagian wilayah Kalimantan Tengah Bagian Barat Daya surplus airnya berkisar 1-50 mm. Wilayah defisit air berkisar 1-50 mm meliputi wilayah pesisir Kalimantan Tengah bagian Selatan. Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Januari secara rinci disajikan pada Gambar 6.

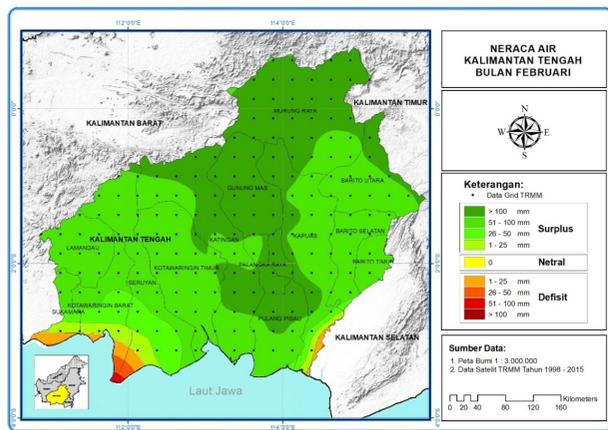


Gambar 6 Peta surplus/defisit air bulan Januari

• Analisis Neraca Air Lahan Bulan Februari

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Februari secara umum pada kategori cukup. Gambaran detail peta ketersediaan air tanah bulan Februari disajikan pada Lampiran 4.

Analisis neraca air secara umum wilayah Kalimantan Tengah mengalami surplus air berkisar 50-100 mm, daerah surplus air lebih dari 100 mm meliputi wilayah Kalimantan Tengah Bagian Utara dan Tengah meliputi wilayah Muara Raya, Gunung Mas, Palangkaraya, sebagian Katingan dan sebagian Wilayah Pulang Pisau. Surplus air <50 mm meliputi wilayah Kalimantan Tengah bagian Barat Daya meliputi wilayah Kotawaringin Barat bagian Selatan, Seruyan bagian Selatan dan Sukamara bagian Selatan. Wilayah defisit air 1-50 mm di pesisir Kalimantan Tengah bagian Selatan. Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Februari secara rinci disajikan pada Gambar 7.

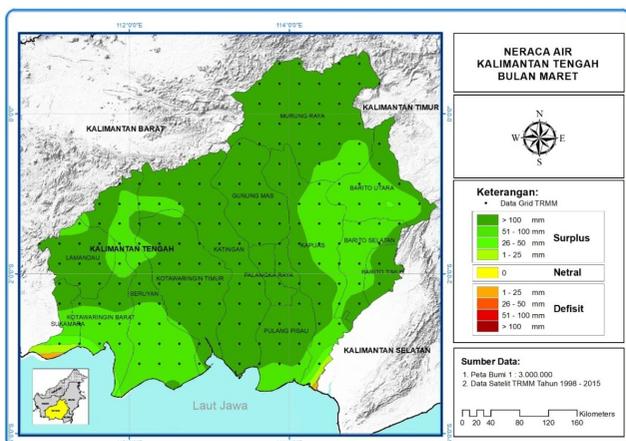


Gambar 7 Peta surplus/defisit air bulan Februari

• **Analisis Neraca Air Lahan Bulan Maret**

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Maret kondisinya masih berada pada kategori cukup. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan Maret disajikan pada Lampiran 4.

Analisis neraca air secara umum wilayah Kalimantan Tengah mengalami surplus air maximum >100 mm. Surplus air dengan nilai 50-100 mm meliputi wilayah sebagian Barito Utara, sebagian Barito Selatan, sebagian



Gambar 8 Peta surplus/defisit air bulan Maret

Kapuas, sebagian Pulang Pisau, sebagian Seruyan, sebagian Kotawaringin Barat dan sebagian Sukamara. Wilayah pesisir Selatan Kalimantan Tengah yang pada bulan Januari dan Februari mengalami defisit air, sedangkan pada bulan Maret sudah mengalami surplus air.

Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Maret secara rinci disajikan pada Gambar 8.

• **Analisis Neraca Air Lahan Bulan April**

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan April kondisinya masih berada pada kategori cukup. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan April disajikan pada Lampiran 4.

Analisis neraca air secara umum wilayah Kalimantan Tengah mengalami surplus air maximum > 100 mm. Surplus air dengan nilai 50-100 mm meliputi wilayah sebagian Barito Utara, sebagian Barito Selatan, sebagian Kapuas, sebagian Pulang Pisau, Katingan bagian Selatan, Kotawaringin Timur bagian Selatan, Seruyan bagian Selatan, Kotawaringin Barat bagian Selatan dan Sukamara bagian Selatan.

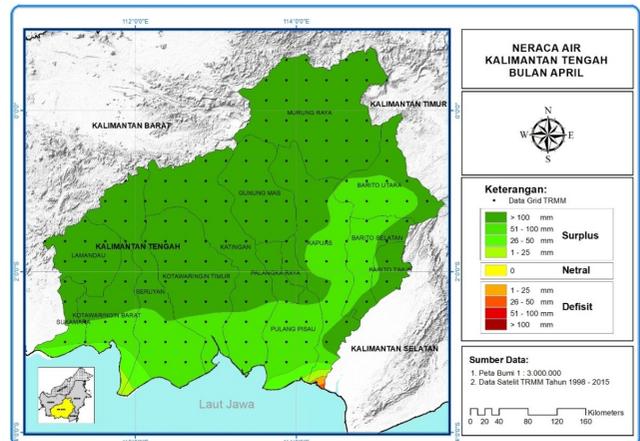
Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan April secara rinci disajikan pada Gambar 9.

• **Analisis Neraca Air Lahan Bulan Mei**

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Mei secara umum masih pada kategori cukup. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan Mei disajikan pada Lampiran 5.

Analisis neraca air pada bulan ini sudah mengalami defisit air dengan nilai berkisar 1-25 mm yang meliputi wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan.

Kondisi surplus air juga secara umum luasannya sudah mulai menurun dibandingkan bulan sebelumnya, wilayah dengan nilai surplus air >100 mm berada di wilayah Kalimantan tengah bagian Utara (Murung Raya dan

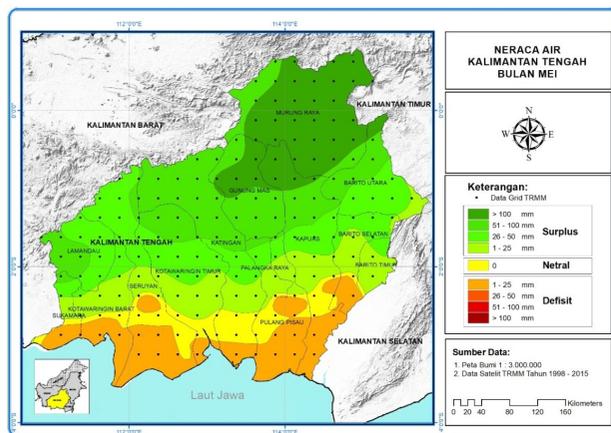


Gambar 9 Peta surplus/defisit air bulan April

sebagian Wilayah Gunung Mas). Wilayah surplus air secara umum terjadi di wilayah Kalimantan Tengah bagian tengah dengan nilai surplus air berkisar 1-100 mm. Analisis spasial menunjukkan adanya variasi yang cukup jelas dari Utara ke Selatan, dimana nilai surplus airnya semakin menurun ke wilayah Selatan.

Nilai surplus/defisit netral (nol) yang ditunjukkan legend berwarna kuning, kondisi ini menggambarkan curah hujan yang terjadi sama dengan nilai evapotranspirasi aktualnya (ETA). Curah hujan yang terjadi pada wilayah netral ini dipergunakan untuk mengisi ketersediaan air tanah melalui proses infiltrasi dan juga dipergunakan untuk proses evapotranspirasi.

Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Mei secara rinci disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10 Peta surplus/defisit air bulan Mei

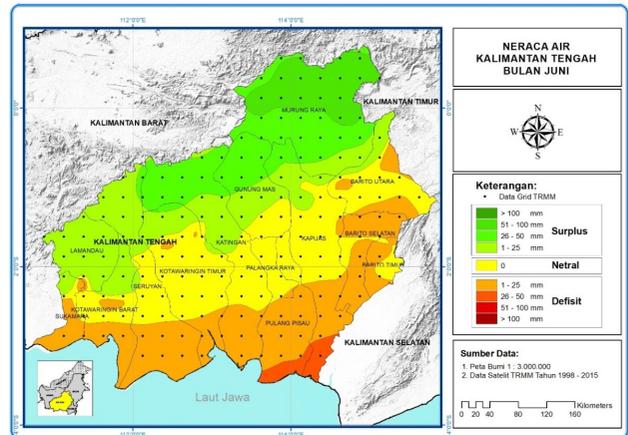
• Analisis Neraca Air Lahan Bulan Juni

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Juni secara umum pada kategori sedang-cukup. Ketersediaan air dengan kategori sedang meliputi wilayah Kalteng bagian Selatan yaitu Kapuas bagian Selatan, Palang Pisau bagian Selatan, pesisir Kotawaringin Barat dan pesisir Sukamara. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan Juni disajikan pada Lampiran 5.

Analisis neraca air yang mengalami defisit air sudah mulai meluas dibandingkan dengan kondisi bulan sebelumnya. Wilayah yang mengalami defisit air dengan nilai berkisar 1-25 mm meliputi Barito Selatan, Sebagian Barito Timur, Kapuas bagian Selatan, Pulang Pisau bagian Selatan, Katingan bagian Selatan, Kotawaringin Timur bagian Selatan, Seruyan bagian Selatan, Kotawaringin Barat bagian Selatan dan Sukamara bagian Selatan. Surplus air pada bulan Juni terjadi di wilayah Kalimantan Tengah bagian Utara yang meliputi wilayah Gunung Mas, Katingan bagian Utara, Kotawaringin Timur bagian Utara, Seruyan bagian Utara, Kotawaringin Barat bagian Utara, dan Lamandau dengan nilai berkisar 1-50 mm, Sedangkan untuk wilayah Murung Raya bagian Utara nilai surplus air berkisar 50-100 mm. Hal ini menunjukkan distribusi hujan di wilayah Kalimantan Tengah bagian Utara lebih tinggi

dibandingkan wilayah lainnya. Nilai surplus/defisit netral (nol) juga semakin meluas distribusinya dibandingkan dengan bulan sebelumnya.

Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Juni secara rinci disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11 Peta surplus/defisit air bulan Juni

• Analisis Neraca Air Lahan Bulan Juli

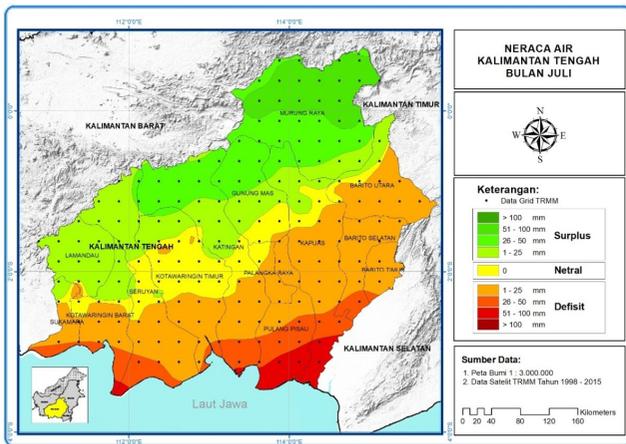
Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Juli sudah mulai bervariasi dari kategori kurang hingga cukup. Ketersediaan air dengan kategori Kurang ditunjukkan dengan legend berwarna merah dengan prosentase < 40% meliputi wilayah kabupaten Kapuas bagian Selatan, Palang Pisau bagian Selatan, Katingan bagian Selatan, Pesisir Kotawaringin Barat dan Pesisir Sukamara. Variasi ketersediaan air tanah bulan Juli ditunjukkan dari kategori kurang hingga cukup bervariasi dari wilayah Selatan ke Utara. Secara Umum wilayah Kalimantan Tengah mengalami ketersediaan air tanah dengan kategori cukup. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan Juli disajikan pada Lampiran 5.

Analisis neraca air yang mengalami defisit air sudah mulai meluas dibandingkan bulan sebelumnya, dengan nilai berkisar 1-25 mm. Defisit air berkisar 25-100 mm meliputi wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan. Surplus air pada bulan Juli terjadi di wilayah Kalimantan Tengah bagian Utara yang meliputi wilayah Murung Raya bagian Selatan, Gunung Mas, Katingan bagian Utara, Kotawaringin Timur bagian Utara, Seruyan bagian Utara, Kotawaringin Barat bagian Utara, dan Lamandau dengan nilai berkisar 1-50 mm, Sedangkan untuk wilayah Murung Raya bagian Utara nilai surplus air berkisar 50-100 mm. Variasi ketersediaan air tanah dan neraca air bervariasi besarnya dari Utara ke Selatan.

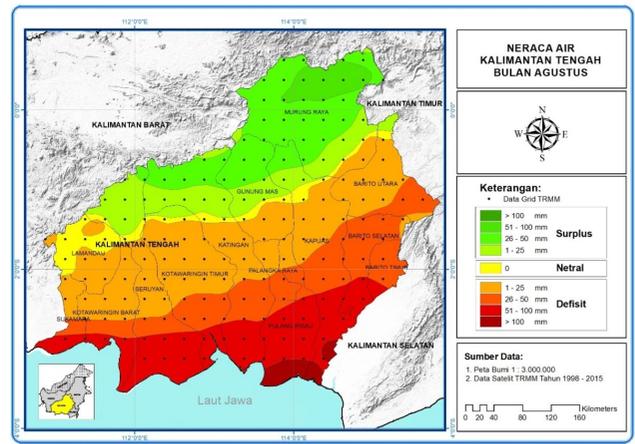
Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Juli secara rinci disajikan pada Gambar 12.

• Analisis Neraca Air Lahan Bulan Agustus

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Agustus berada pada kategori kurang hingga cukup. Kondisi ketersediaan pada



Gambar 12 Peta surplus/defisit air bulan Juli



Gambar 13 Peta surplus/defisit air bulan Agustus

kategori kurang meliputi wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan. Ketersediaan air tanah bervariasi dari Utara ke Selatan dimana untuk wilayah Kalimantan Tengah bagian Utara dan Tengah berada pada kategori sedang-cukup. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan Agustus disajikan pada Lampiran 5.

Analisis neraca air yang mengalami defisit air sudah mulai meluas dibandingkan bulan sebelumnya yang meliputi hampir sebagian wilayah Kalimantan Tengah kecuali Kalimantan Tengah bagian Utara. Variasi nilai defisit air bervariasi dari yang besar disebelah Selatan selanjutnya menurun nilainya ke arah Utara. Defisit air maksimum berkisar 50-100 mm berada di wilayah bagian Selatan Kalimantan Tengah yang meliputi wilayah kabupaten Barito Selatan bagian Selatan, Kapuas bagian Selatan, Palang Pisau bagian Selatan, Katingan bagian Selatan, Kotawaringin Timur bagian Selatan, Seruyan bagian Selatan, Kotawaringin Barat bagian Selatan, dan Sukamara bagian Selatan.

Pada bulan Agustus wilayah Kalimantan Tengah sudah mengalami musim kemarau, ketersediaan air tanah juga sudah mulai menurun karena dipergunakan untuk proses evapotranspirasi. Curah hujan yang terjadi nilainya lebih kecil dari evapotranspirasi sehingga simpanan air tanah dipergunakan untuk proses tersebut. Pada Kondisi seperti ini wilayah Kalimantan Tengah mengalami kekeringan khususnya di wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan.

Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Agustus secara rinci disajikan pada Gambar 13.

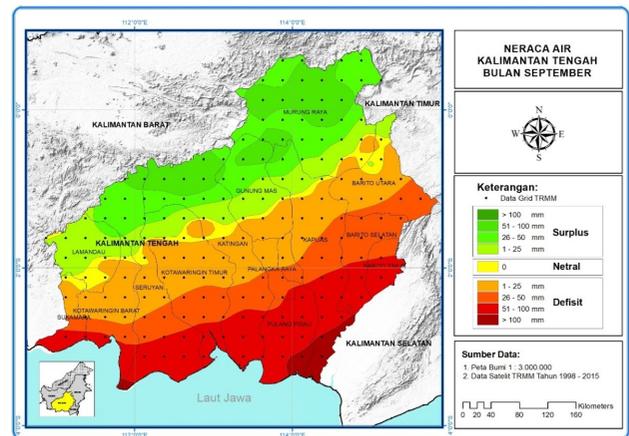
• **Analisis Neraca Air Lahan Bulan September**

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan September masih bervariasi pada kategori kurang hingga cukup, dengan semakin meluasnya wilayah kategori kurang di wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan September disajikan pada Lampiran 6.

Analisis neraca air yang mengalami defisit mulai tersebar meluas dan nilainya semakin meningkat dibandingkan bulan sebelumnya. Defisit air maksimum berkisar 50-100 mm meliputi wilayah bagian Selatan Kalimantan Tengah. Variasi nilai defisit air bervariasi dari yang besar disebelah Selatan selanjutnya menurun nilainya ke arah Utara. Surplus air pada bulan September terjadi di wilayah Kalimantan Tengah bagian Utara yang meliputi wilayah Murung Raya, Gunung Mas, Katingan bagian Utara, Kotawaringin Timur bagian Utara, Seruyan bagian Utara, Kotawaringin Barat bagian Utara, dan Lamandau.

Kondisi ini menggambarkan wilayah Kalimantan Tengah bagian Tengah dan Selatan sudah mengalami kekeringan yang ditandai dengan defisit air pada wilayah tersebut

Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan September secara rinci disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14 Peta surplus/defisit air bulan September

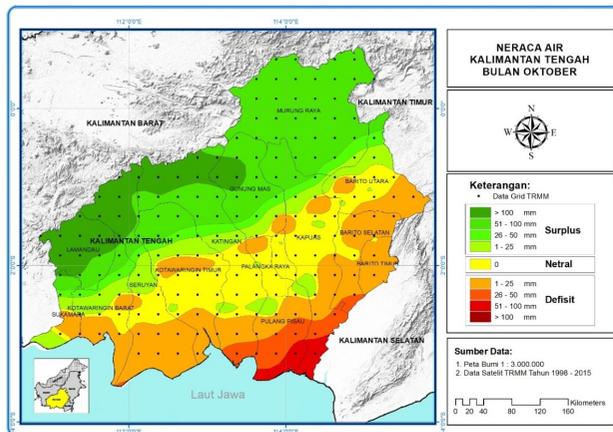
• **Analisis Neraca Air Lahan Bulan Oktober**

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Oktober masih bervariasi pada kategori kurang hingga cukup, akan tetapi wilayah kategori cukup semakin meluas khususnya di wilayah

Kalimantan Tengah bagian Utara dibandingkan bulan sebelumnya. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan September disajikan pada Lampiran 6.

Analisis neraca air kondisinya masih mengalami defisit air akan tetapi luasan wilayah dan nilai defisit airnya sudah mulai menurun dibandingkan bulan September. Wilayah defisit air meliputi wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan. Nilai surplus/defisit netral (nol) juga semakin meluas distribusinya dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Kondisi neraca air netral menunjukkan curah hujan yang terjadi pada bulan ini dipergunakan untuk mengisi kekosongan air tanah yang disebabkan periode defisit air pada bulan sebelumnya. Hujan yang terjadi pada bulan Oktober sudah dapat mengisi ketersediaan air tanah hingga mencapai nilai kapasitas lapang tanah tersebut.

Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Oktober secara rinci disajikan pada Gambar 15.



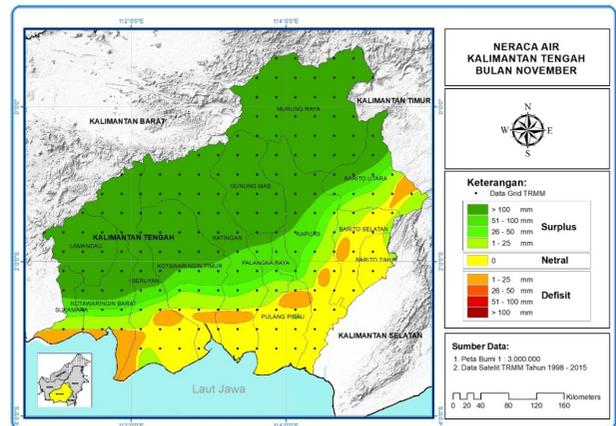
Gambar 15 Peta surplus/defisit air bulan Oktober

• Analisis Neraca Air Lahan Bulan November

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan November bervariasi dengan dominasi pada kategori cukup. Wilayah tingkat ketersediaan air kategori sedang-kurang meliputi wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan November disajikan pada Lampiran 6.

Analisis neraca air pada bulan November sudah mengalami perubahan dibandingkan bulan sebelumnya. Secara umum kondisi neraca air berada pada kategori surplus dan netral, sedangkan kondisi defisit air dengan nilai 1-25 mm meliputi sebagian kecil wilayah Kalimantan Tengah. Kondisi neraca air netral terjadi di wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan, secara umum curah hujan sudah terjadi hampir diseluruh wilayah Kalimantan Tengah.

Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan November secara rinci disajikan pada Gambar 16.



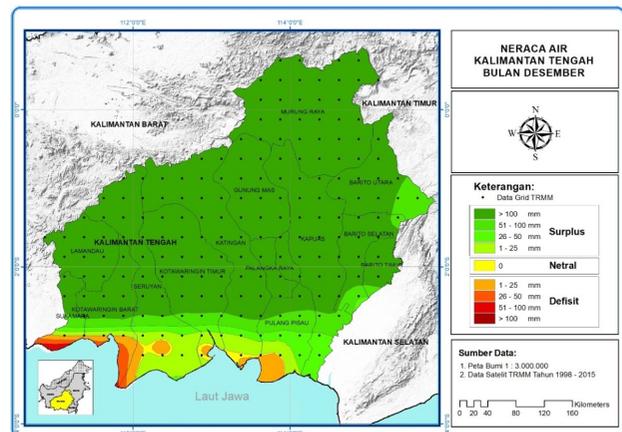
Gambar 16 Peta surplus/defisit air bulan November

• Analisis Neraca Air Lahan Bulan Desember

Analisis tingkat ketersediaan air tanah wilayah Kalimantan Tengah pada bulan Desember secara umum sudah berada pada kondisi cukup. Gambaran detail peta ketersediaan tanah bulan Desember disajikan pada Lampiran 6.

Analisis neraca air pada bulan ini secara umum mengalami surplus air kecuali sebagian pesisir Kalimantan Tengah bagian Selatan. Wilayah surplus air didominasi dengan nilai >100 mm meliputi hampir seluruh wilayah Kalimantan Tengah. Surplus air dengan nilai <100 mm meliputi sebagian wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan.

Hasil analisis spasial neraca air lahan berupa surplus/defisit air bulan Desember secara rinci disajikan pada Gambar 17.



Gambar 17 Peta surplus/defisit air bulan Desember

Berdasarkan analisis spasial neraca air wilayah Kalimantan Tengah periode tingkat ketersediaan air tanah pada kategori cukup (>60%) berkisar 8-12 bulan, dimana ketersediaan air tanah pada kategori cukup bervariasi dari Utara ke Selatan. Wilayah Kalimantan Tengah bagian Tengah dan Utara pada umumnya memiliki periode tingkat ketersediaan air tanah pada kategori cukup hingga 12 bulan. Periode tingkat ketersediaan pada kategori kurang

Tabel 2 Analisis neraca air lahan wilayah Kalimantan Tengah

No	Kabupaten /Kota	Ketersediaan Air (>60%)	Surplus Air
1.	Kab. Murung Raya	12 bulan	10 -12 bulan
2.	Kab. Barito Utara	7-12 bulan	7 bulan
3.	Kab. Barito Selatan	8- 9 bulan	5-6 bulan
4.	Kab. Barito Timur	8-9 bulan	6 bulan
5.	Kab. Gunung Mas	11-12 bulan	7 -12 bulan
6.	Kab. Kapuas	6-12 bulan	5-12 bulan
7.	Kab. Pulang Pisau	6-8 bulan	4-5 bulan
8.	Kota Palangkaraya	9-10 bulan	7 bulan
9.	Kab. Katingan	7-11 bulan	5-11 bulan
10.	Kab. Kotawaringin Timur	7-12 bulan	6-10 bulan
11.	Kab. Seruyan	7-12 bulan	7-12 bulan
12.	Kab. Kotawaringin Barat	7-12 bulan	4-12 bulan
13.	Kab. Lamandau	12 bulan	10-11 bulan
14.	Kab. Sukamara	6-12 bulan	4-8 bulan

terjadi pada periode Juli-Oktober di wilayah Kalimantan Tengah bagian Selatan. Sedangkan periode surplus air berkisar 6-8 bulan. Secara rinci periode tingkat ketersediaan air tanah pada kategori cukup dan periode surplus air di wilayah Kalimantan Tengah secara tabulasi untuk setiap kabupaten disajikan pada Tabel 2.

Analisis neraca air di atas merupakan informasi awal yang dapat dipergunakan sebagai masukan dalam perencanaan kegiatan pertanian di wilayah Kalimantan Tengah. Secara umum periode ketersediaan air tanah dengan kategori cukup terjadi hampir sepanjang tahun khususnya di wilayah Kalimantan Tengah bagian Utara. Sedangkan di wilayah Kalimantan Tengah bagian Tengah dan Utara ketersediaan air tanah pada kategori cukup terjadi pada periode November-Juni. Surplus air di wilayah Kalimantan Tengah bervariasi 4-12 bulan, periode surplus secara umum terjadi pada periode bulan November-Mei. Informasi zona agroklimat neraca air lahan tentunya dapat memberikan suatu informasi sejauh mana ketersediaan air tanah untuk mendukung sektor pertanian.

Hasil analisis neraca air wilayah Kalimantan Tengah memberikan informasi awal potensi terjadinya kekeringan atau daerah rawan kekeringan. Dari analisis neraca air tingkat ketersediaan air tanah pada kategori kurang (<40%) dan defisit air terjadi pada bulan Juli-Oktober (4 bulan), sehingga pada periode bulan Juli-Oktober merupakan periode yang rawan terjadi bahaya kekeringan.

Informasi periode daerah rawan kekeringan dapat menjadi masukan untuk melakukan antisipasi dan menanggulangi bencana kekeringan. Wilayah Kalimantan Tengah hampir setiap tahun pada musim kemarau

mengalami bencana asap akibat kebakaran lahan, kecuali apabila pada periode bulan Juli-Oktober tersebut kondisi musim kemaraunya basah atau terjadi anomali cuaca.

Pemanfaatan sumberdaya iklim mempunyai peranan penting yang dapat dipergunakan sebagai salah satu informasi awal yang berguna dalam perencanaan dan pengelolaan sumberdaya alam serta sebagai dasar acuan dalam penentuan kebijakan yang akan diambil.

4. KESIMPULAN

Dari hasil validasi data satelit TRMM dan data curah hujan permukaan menunjukkan nilai korelasi yang tinggi yaitu rata-rata 0,95 (95%) dan mempunyai kesesuaian karakteristik pola curah hujan, artinya bahwa data satelit TRMM dapat dipergunakan sebagai data suplemen pengganti data curah hujan permukaan.

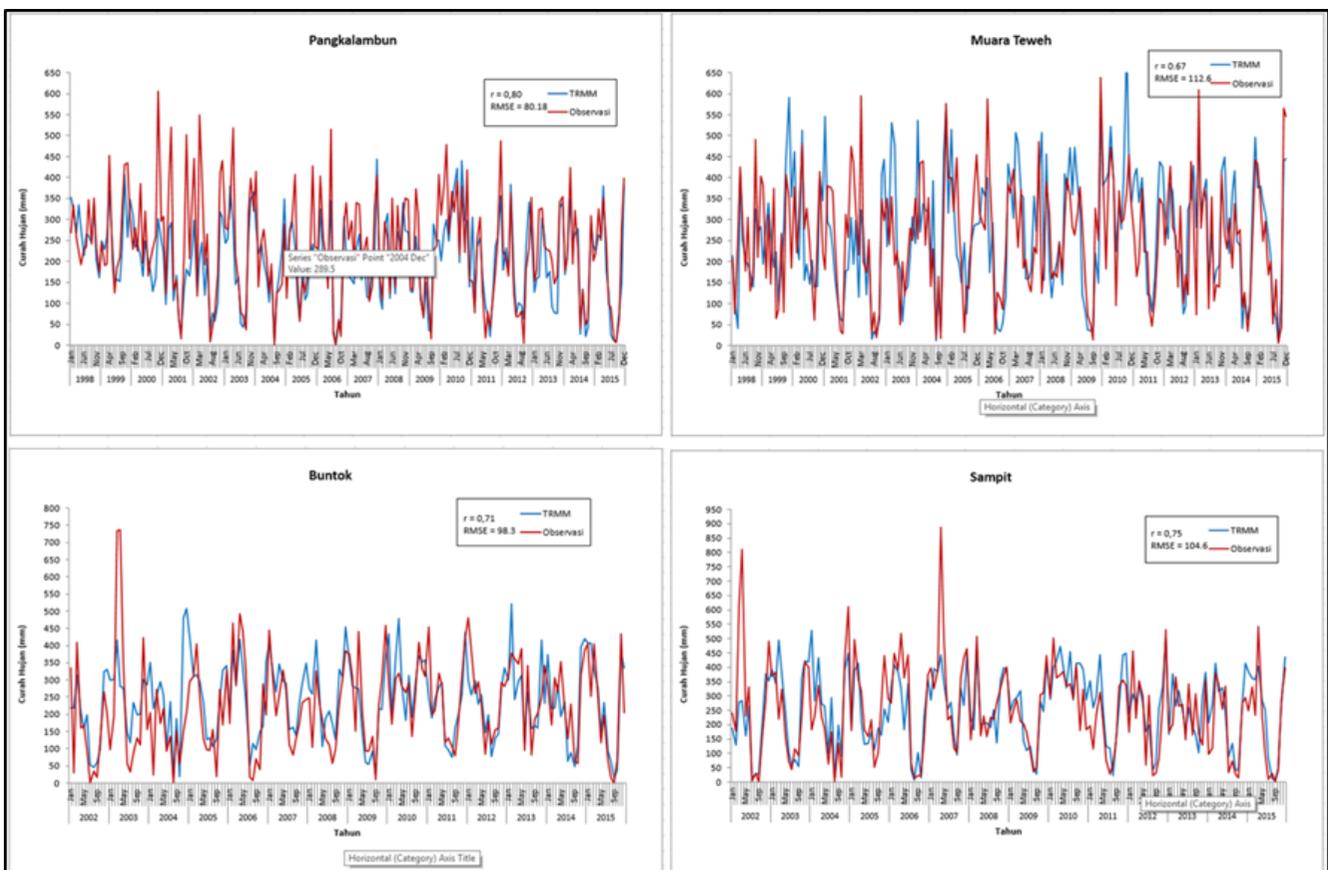
Hasil analisis neraca air lahan menunjukkan untuk tingkat ketersediaan air tanah dengan kategori cukup (>60%) terjadi hampir sepanjang tahun untuk wilayah Kalimantan Tengah bagian Utara dan untuk wilayah Kalimantan Tengah lainnya terjadi pada periode bulan November-Juni. Sedangkan periode surplus air bervariasi dengan periode 4-12 bulan. Dan hasil analisis neraca air lahan untuk tingkat ketersediaan air tanah dengan kategori kurang (<40%) dan defisit terjadi pada periode bulan Juli-Oktober.

DAFTAR PUSTAKA

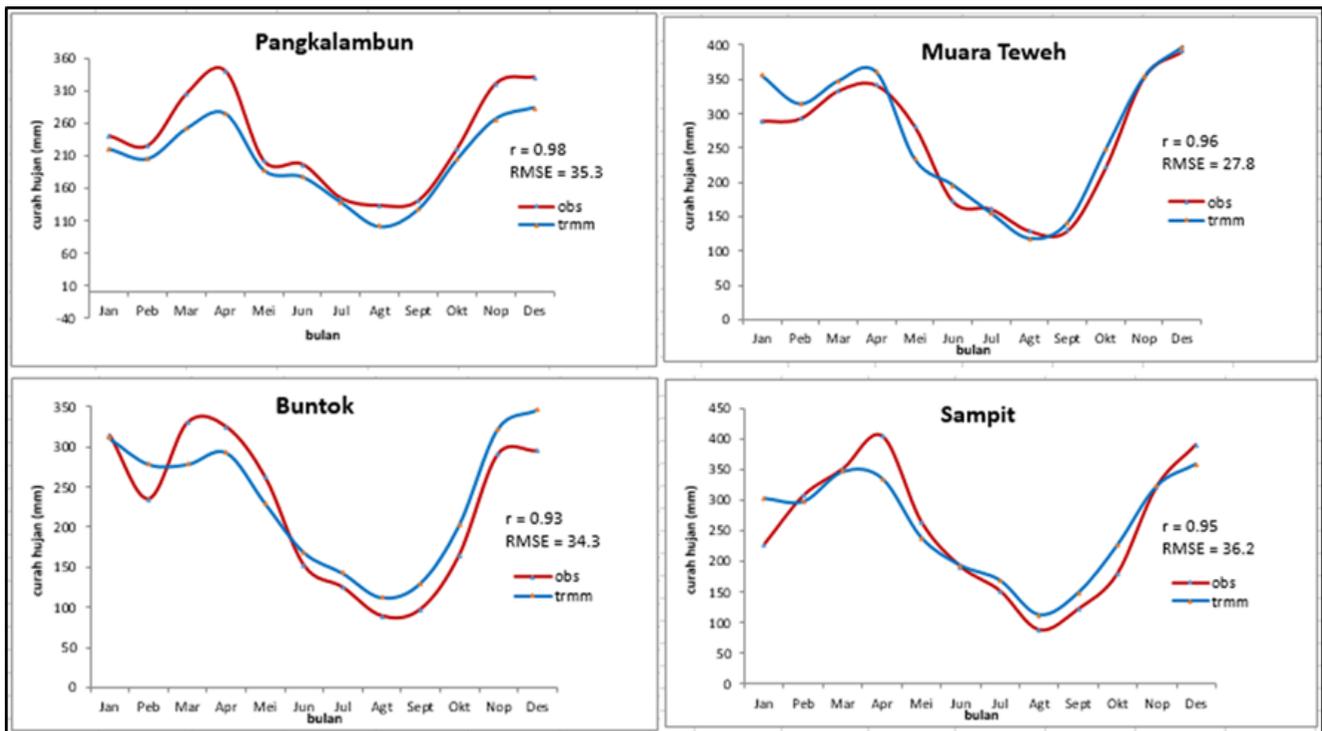
- As-Syakur, A.R, Prasetya, R. 2011. Pola spasial anomali curah hujan selama Maret Sampai Juni 2010 di Indonesia; komparasi data satelit TRMM (TMPA) 3B43 dengan stasiun pengamat hujan. *Penelitian Masalah Lingkungan Hidup*, 505-515.
- As-Syakur, A.R., Nuarsa, I.W. and Sunarta, I.N., 2011. Pemutakhiran peta agroklimat klasifikasi oldeman di pulau lombok dengan aplikasi sistem informasi geografi. *Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia, 2010*, 79-87.
- Gunawan, D., 2014. Perbandingan curah hujan bulanan dari data pengamatan permukaan, satelit TRMM dan model permukaan NOAA. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 9 (1), 65-77.
- Mamenun, M., Pawitan, H. and Sopaheluwakan, A., 2014. Validasi dan koreksi data satelit trmm pada tiga pola hujan di indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15 (1), 13-23.
- Marpaung, S., Satiadi, D., Harjana, T. 2012. Analisis kejadian curah hujan ekstrim di pulau Sumatera berbasis data satelit TRMM dan observasi permukaan. *Jurnal Sains Dirgantara*, 9(2), 127-138.
- NASDA. 2001. *TRMM Data Users Handbook*. Earth Observation Center, National Space Development Agency of Japan
- Renggono, F. and Syaifullah, M.D., 2011. Kajian meteorologis bencana banjir bandang di Wasior, Papua Barat. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(1), 33-41.
- Prasetya, R. 2010. *Prediction of Monthly Rainfall based on the TRMM Precipitation Radar Satellite Data Over Region of Indonesia*. Tesis. Universitas Udayana.
- Syaifullah, M.D., 2014. Validasi data TRMM terhadap data curah hujan aktual di tiga DAS di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(2), 109-118.
- Suryantono, A., Hallmurrayman, Harjana, T. 2008. *Variasi Spasiotemporal Curah Hujan Indonesia Berbasis Observasi Satelit TRMM*. Prosiding Workshop Nasional Aplikasi Sains Atmosfer. LAPAN.
- Sugiyono, 2013. *Statistika untuk Penelitian*. CV. Alfabeta, Bandung.
- Wilks, D.S., 2011. *Statistical methods in the atmospheric sciences* (Vol. 100). Academic press.

LAMPIRAN

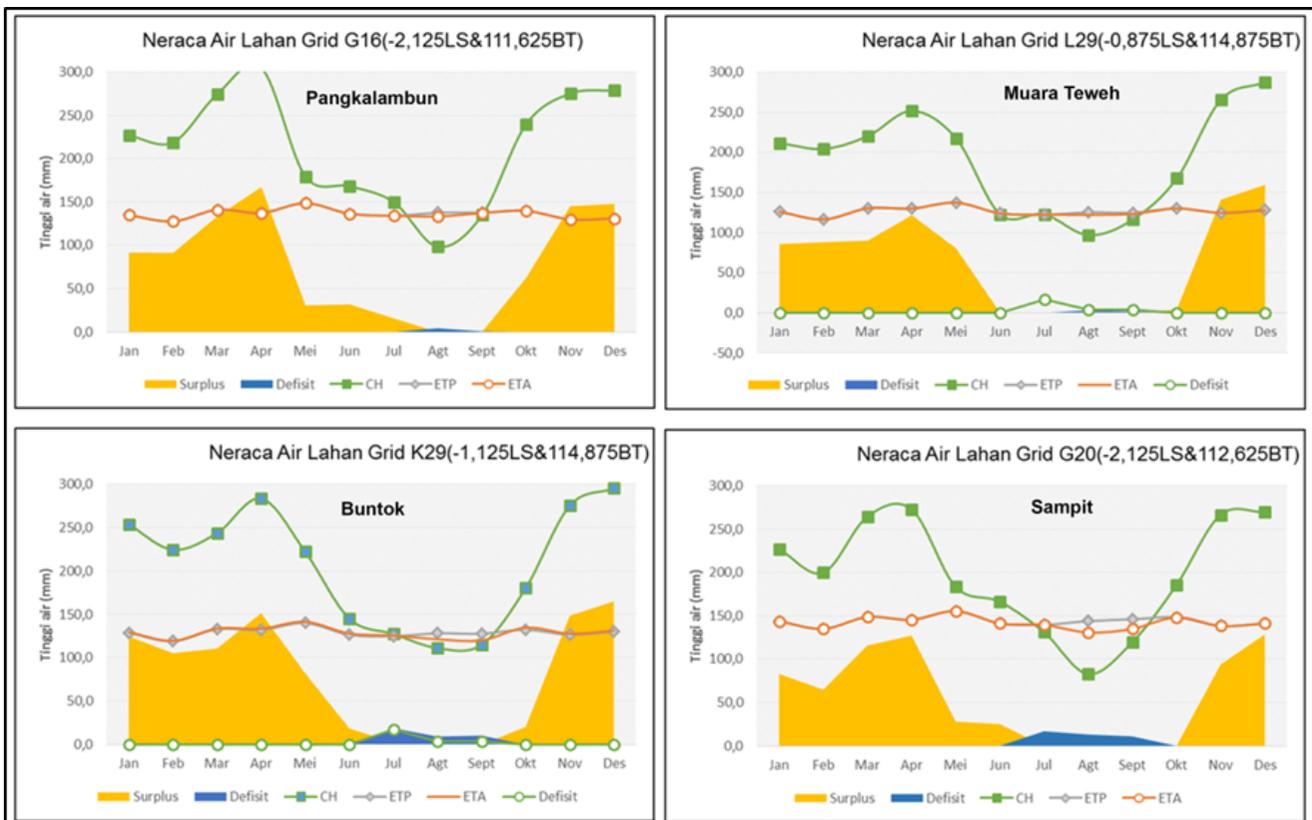
Lampiran 1 Rata-rata bulanan curah hujan TRMM dan curah hujan permukaan (periode 1998-2015)



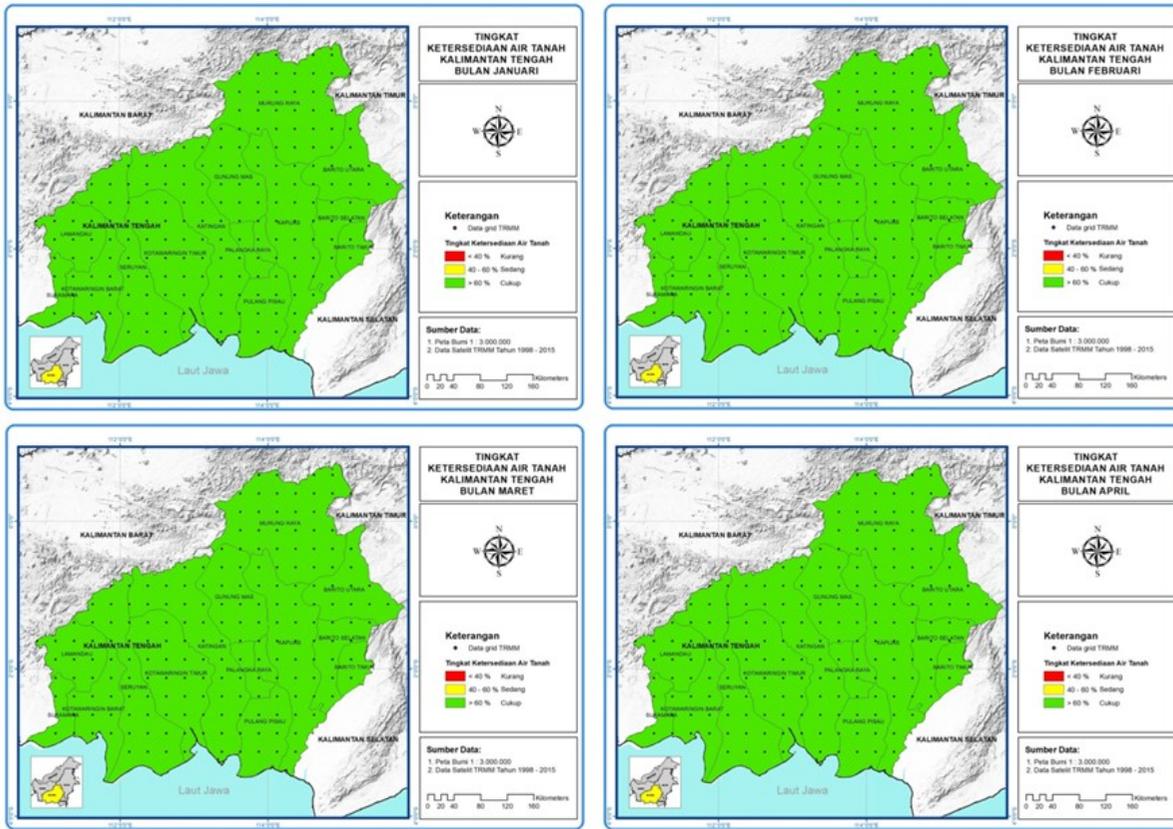
Lampiran 2 Rata-rata bulanan curah hujan TRMM dan curah hujan permukaan (periode 1998-2015)



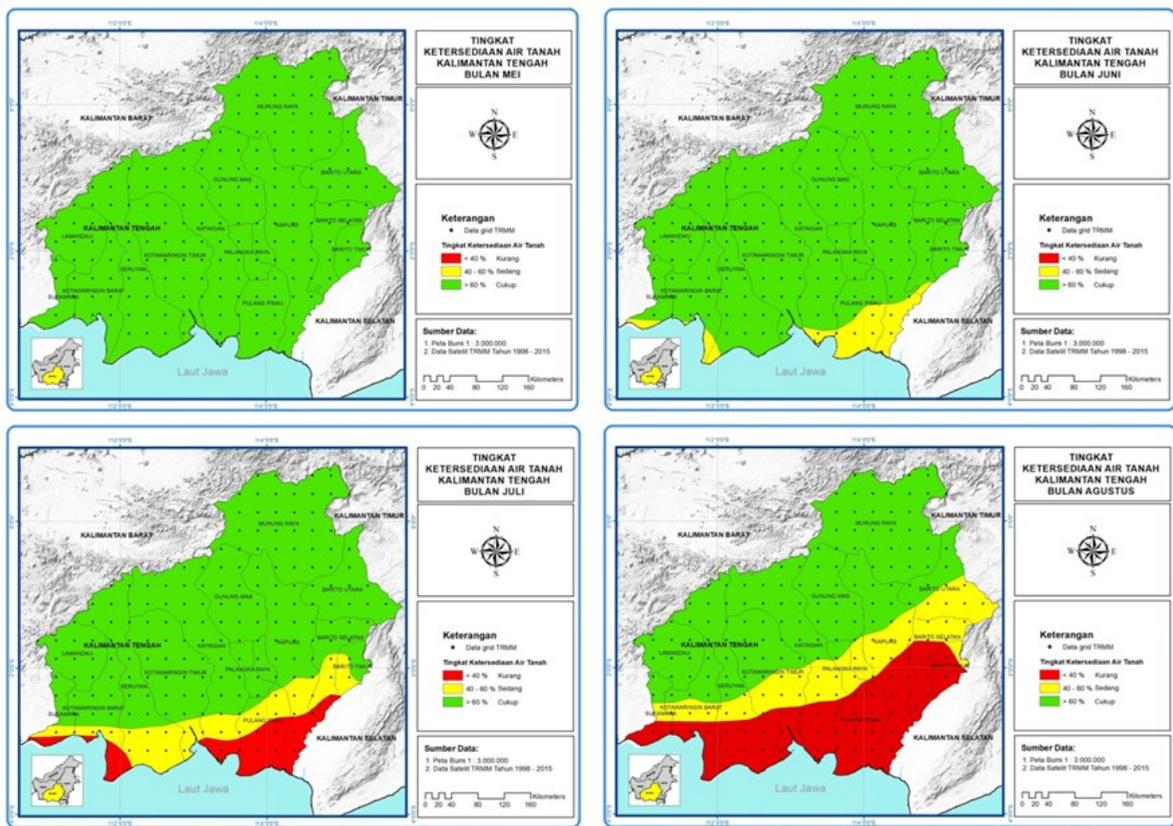
Lampiran 3 Neraca air lahan pada titik Grid Penelitian



Lampiran 4 Peta tingkat ketersediaan air tanah bulan Januari-April



Lampiran 5 Peta tingkat ketersediaan air tanah bulan Mei-Agustus



Lampiran 6 Peta tingkat ketersediaan air tanah bulan September-Desember

