

Kajian Koefisien Koreksi Indeks Kekeringan Menggunakan Basis Data Satelit TRMM dan Hujan Lapangan

Edy Anto Soentoro

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan - Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No.10 Bandung 40132
E-mail: edyas209@gmail.com

Levina

Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung, E-mail: ivepusair@gmail.com

Wanny K Adidarma

Puslitbang Sumber Daya Air - Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum
E-mail: wannyadi@gmail.com

Abstrak

Untuk menganalisa kekeringan membutuhkan data curah hujan yang panjang yaitu > 30 tahun. Akan tetapi sangat sulit mendapatkan cukup data curah hujan, khususnya untuk daerah di luar Pulau Jawa yang memiliki keterbatasan data. Guna mengatasi problem tersebut, data hujan dari satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) dikaji kemungkinannya untuk menggantikan data hujan lapangan periode panjang. Studi kasus dilakukan dengan data di wilayah sungai Pemali Comal. Maksud dari kajian ini untuk mendapatkan koefisien koreksi indeks kekeringan data hujan dari satelit TRMM agar data TRMM tersebut dapat menjadi alternatif untuk menganalisa indeks kekeringan pada wilayah dengan keterbatasan data. Metode untuk menganalisa indeks kekeringan menggunakan Standardized Precipitation Index (SPI) dan indikator dalam menentukan koreksi dengan Root Mean Square Error (RMSE), dengan ambang batas kesalahan 0.5. RMSE dibandingkan antara RMSE SPI data hujan lapangan panjang (1951-2013) dan data satelit TRMM (2002-2013). Hasil rata-rata RMSE SPI koreksi < 0,5 untuk SPI semua skala waktu, sedangkan rata-rata RMSE tanpa koreksi, koreksi α - β wilayah dan pembagian wilayah berada > 0,5. Dengan demikian, data TRMM dengan koreksi SPI dapat digunakan dalam analisa kekeringan SPI semua skala waktu.

Kata-kata Kunci: Kekeringan, Koreksi indeks kekeringan, SPI, TRMM.

Abstract

Analyzing drought requires a long period of rainfall data more than 30 years. Obtaining enough rainfall data, however, it is very difficult especially for areas outside of Java that have limited data. To solve this problem, the possibility of using Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite rainfall data to substitute long-period of rainfall data is examined. For a case study, data from Pemali Comal river basin is used. This study is aimed to obtain the value of drought correction coefficient index based on the TRMM data, so that the data can be used as an alternative to analyze drought index / severity of drought in areas with limited rainfall data. Standardized Precipitation Index (SPI) method is used to analyze drought severity, and the correction factor is determined by Root Mean Square Error (RMSE) with 0.5 as a threshold. Then the RMSE is compared between RMSE SPI of long period of groundstation rainfall data (1951-2013) and the TRMM satellite data (2002-2013). The results is that the average RMSE SPI correction is <0.5 for all SPI time scales, while the average RMSE without correction, correction α - β (whole region and sub-region) were > 0.5. Thus, the TRMM data with SPI correction can be used in the analysis of the SPI drought at all the time scale.

Keywords: Drought, Drought index correction, SPI, TRMM.

1. Pendahuluan

Dalam menganalisa indeks kekeringan secara hidrologi, komponen utama yang diperlukan adalah data hujan yang cukup panjang yaitu 30 tahun atau lebih. Sayangnya, tidak semua wilayah di Indonesia memiliki ketersediaan data hujan yang cukup panjang khususnya

wilayah diluar pulau Jawa. Selain itu, terdapat kekosongan data atau data tidak tercatat dalam beberapa waktu yang dikarenakan alat pengukur hujan rusak/masalah teknis lainnya.

Maksud dari kajian ini untuk mendapatkan nilai koefisien koreksi indeks kekeringan berdasarkan data

hujan satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) terhadap indeks kekeringan data hujan lapangan periode panjang. Sedangkan, tujuan dari kajian ini yaitu agar data TRMM dapat digunakan sebagai alternatif untuk menganalisa indeks kekeringan/tingkat keparahan kekeringan pada wilayah yang memiliki keterbatasan data hujan.

2. Landasan Teori

2.1 Kekeringan

Pengertian kekeringan diantaranya merupakan salah satu kejadian alam yang biasa terjadi di Indonesia dan menggambarkan iklim yang berulang. Secara umum kekeringan merupakan kondisi kurangnya hujan dan biasanya terjadi satu musim atau lebih (Adidarma, 2006).

Kekeringan diklasifikasikan menjadi kekeringan meteorologi, hidrologi, pertanian, dan sosial ekonomi. Beberapa metode untuk menghitung indeks kekeringan diantaranya persentase terhadap rata-rata, desil, *Palmer Drought Severity Index (PDSI)*, dan *Standardized Precipitation Index (SPI)*.

2.2 Standardized Precipitation Index (SPI)

Standardized Precipitation Index (SPI) merupakan salah satu metode untuk menentukan tingkat keparahan kekeringan yang memiliki kelebihan yaitu dapat dihitung untuk berbagai skala waktu. Skala waktu tersebut mencerminkan dampak kekeringan pada ketersediaan air diberbagai sumber. Kondisi kelengasan tanah merespon anomali hujan pada jangka waktu pendek, sedangkan air tanah, debit di sungai dan tampungan waduk menanggapi anomali hujan lebih lama. Oleh karena itu SPI dihitung untuk 3-, 6-, 12-, 24 dan 48 bulan (Adidarma, 2006).

Menurut Edwards dan McKee (1997) dalam Adidarma (2006), perhitungan SPI untuk lokasi apapun berdasarkan catatan curah hujan jangka panjang untuk jangka waktu yang diinginkan. Catatan jangka panjang ini dilengkapi dengan distribusi probabilitas, yang kemudian berubah menjadi distribusi normal sehingga SPI rata untuk lokasi dan periode yang diinginkan adalah nol.

“The SPI calculation for any location is based on the long-term precipitation record for a desired period. This long-term record is fitted to a probability distribution, which is then transformed into a normal distribution so that the mean SPI for the location and desired period is zero” (Edwards and McKee, 1997).

Dalam menghitung nilai SPI diperlukan data hujan bulanan dengan panjang data 30 tahun (Hayes, 1999). Tahap awal dalam menghitung nilai SPI yaitu menghitung selisih hujan sebenarnya dengan hujan rata-rata dengan menggunakan skala waktu tertentu, kemudian dibagi dengan simpangan baku (standar deviasi).

Tahap kedua yaitu mentransformasikan data hujan bulanan tersebut yang bertujuan untuk menghilangkan faktor musim dengan membentuk suatu deret yang sama dengan distribusi probabilitas yang sama. Pada proses transformasi ini yaitu mengubah data hujan bulanan menjadi bentuk fungsi peluang kumulatif (*CDF, Cumulative Distribution Function*) melalui distribusi gamma.

Penggunaan distribusi Gamma digunakan dalam mentransformasi data hujan karena distribusi Gamma paling ideal untuk menggambarkan data historis dari data hujan. Persamaan distribusi probabilitas cdf Gamma :

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (1)$$

Dimana,

$$\alpha_i = \mu_i^2 / \sigma_i^2 \quad (2)$$

$$\beta_i = \sigma_i^2 / X_i \quad (3)$$

μ_i = rata-rata $X_{k,i}$ pada bulan ke i

σ_i = simpangan baku pada bulan ke i

Tahap selanjutnya yaitu mengubah menjadi bentuk distribusi Normal baku (*standard*), dan nilai yang dihasilkan merupakan indeks kekeringan SPI. Seri probabilitas diubah menjadi nilai Z yang mempunyai cdf (*cumulative distribution function*) dari Distribusi Normal Standard seperti terlihat pada **Persamaan 4**.

$$F_x(X) = P_r(X_{v,\tau} \leq x) = P_r(Z \leq (X_{v,\tau} - \mu_{\tau})/\sigma_{\tau}) = P_r(Z \leq z)$$

$$F_x(X) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dt. \quad (4)$$

Penggunaan distribusi gamma dianggap paling ideal dalam mentransformasi data hujan menjadi suatu indeks SPI menurut Thom (1966) dalam paper Spinoni, et al (2013)

Z disebut Standardized Precipitation Index atau disingkat SPI. SPI yang diklasifikasikan (**Tabel 1**) digunakan dalam mengidentifikasi kekeringan (Mc. Kee, 1993).

Nilai SPI positif menunjukkan lebih besar dari curah hujan rata-rata dan nilai-nilai negatif menunjukkan kurang dari curah hujan rata-rata. Karena SPI adalah normal, basah dan kering iklim dapat direpresentasikan dengan cara yang sama; dengan demikian, periode basah juga dapat dimonitor menggunakan SPI (WMO, 2012).

Tabel 1. Klasifikasi SPI mengikuti skala

Nilai SPI	Klasifikasi
2.00	Amat sangat basah
1.50 – 1.99	Sangat basah
1.00 – 1.49	Cukup basah
0.99 – (-0.99)	Mendekati normal
-1.00 – (-1.49)	Cukup kering
-1.50 – (-1.99)	Sangat kering
-2.00 atau < (-2.00)	Amat sangat kering

Sumber : Mc.Kee, 1993

2.3 Pendekatan statistik

RMSE (*Root Mean Square Error*) adalah indikator dari rata-rata kesalahan (*average error*) pada analisa yang dinyatakan dalam unit pengukuran yang asli dan dihitung dengan persamaan:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{mo del,i})^2}{n}} \quad (5)$$

Dalam kajian ini, nilai RMSE digunakan sebagai indikator dalam menentukan koefisien koreksi antara SPI dengan data lapangan periode panjang-periode pendek dan SPI dengan data lapangan periode panjang-data satelit TRMM. Jika nilai RMSE setelah dilakukan koreksi lebih kecil daripada sebelum dikoreksi, maka nilai koefisien koreksi dapat digunakan/benar.

2.4 Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Missions*) merupakan misi satelit hasil kerjasama antara NASA (Amerika) dengan JAXA (Jepang) untuk memantau hujan tropis dan sub-tropis serta untuk memperkirakan pemanasan laten.

Data TRMM adalah data presipitasi (hujan) yang didapat dari satelit meteorologi TRMM dengan tiga sensornya yaitu PR (*Precipitation Radar*), TMI (*TRMM Microwave Imager*), dan VIRS (*Visible and Infrared Scanner*).

Tabel 2. Produk Data TRMM

Sensor	Processing Level	Product	Scene Unit ^{*1}	Estimated data Volume ^{*2} (Compressed)
PR	1B21	Calibrated Received Powe	1 orbit (16/day)	149 MB (60~70 MB)
	1C21	Radar Reflectivity	1 orbit (16/day)	149 MB (40~50 MB)
	2A21	Normalized Radar Surface Cross Section (s°)	1 orbit (16/day)	10 MB (6~7 MB)
	2A23	PR Qualitative	1 orbit (16/day)	13MB (6~7 MB)
	2A25	Rain Profile	1 orbit (16/day)	241 MB (13~17 MB)
	3A25	Monthly Statistics of Rain Parameter	Global Map (Monthly) (Grid: 5° x 5°, 0.5° x 0.5°)	40 MB (26~27 MB)
	3A26	Monthly Rain Rate using a statistical Method	Global Map (Monthly) (Grid: 5° x 5°)	9.3 MB (5~6 MB)
	TMI	1B11	Brightness Temperature	1 orbit (16/day)
2A12		Rain Profile	1 orbit (16/day)	97 MB (6.7~9 MB)
3A11		Monthly Oceanic Rainfall	Global Map (Monthly) (Grid: 5° x 5°)	53 KB (44 KB)
VIRS	1B01	Radiance	1 orbit (16/day)	92 MB (90 MB)
COMB	2B31	Rain Profile	1 orbit (16/day)	151 MB (8 MB)
	3B31	Monthly Rainfall	Global Map (Monthly) (Grid: 5° x 5°)	442 KB (380~410 KB)
	3B42	TRMM & IR Daily Rainfall	Global Map (Daily) (Grid: 1° x 1°)	242 KB (110~115 KB)
	3B43	TRMM & Other Sources Monthly Rainfall	Global Map (Monthly) (Grid: 1° x 1°)	242 KB (242 KB)

Sumber: TRMM Data Users Handbook, NASDA, February 2001

Satelit TRMM diluncurkan pada November 1997 dan data yang dihasilkan mulai tahun 1998 dan telah mengalami beberapa kali proses ulang untuk memperbaiki algoritma dan proses (Suryantoro dkk, 2008).

Versi TRMM yang sekarang adalah versi 6 sehingga produk 3B42 yang dihasilkan disebut 3B42v6 adalah 3B42RT yang diskalakan sehingga sesuai dengan analisa pengukuran hujan bulanan yang digunakan oleh 3B43. Keluaran dari 3B43 berupa hujan 3 jam-an dalam grid kotak berukuran 0,25°x0,25° atau 28 x 28 km dengan keterlambatan 1 bulan (NASDA, 2001).

3. Metodologi

3.1 Data hujan lapangan

Berdasarkan studi terdahulu yang dilakukan Puslitbang Sumber Daya Air - Kementerian PU mengenai kekeringan, dihasilkan 15 pos hujan terpilih dari 147 pos hujan yang ada di WS Pemali Comal. Ke-15 pos hujan tersebut dinyatakan mewakili tingkat keparahan kekeringan di WS Pemali Comal berdasarkan sebaran wilayah pos hujan dan ZPI (Zona Prakiraan Iklim)/ZOM (Zona Musim) dari BMKG (Puslitbang SDA, 2010). Sehingga kajian ini dilakukan hanya menggunakan ke 15 pos hujan terpilih tersebut (**Tabel 3**).

Tabel 3. Pos hujan lapangan terpilih

ZOM BMKG	No. Pos Hujan
55	35b (Pesayangan)
58	33c (Penjalin)
59	5a (Luwung Bata)
	22 (Songgom)
60	25 (Notog)
	60 (Bojong)
61	73 (Moga)
	109 (Bongas)
62	57 (Sirampok)
	88 (Bantar Bolang)
	97 (Ponolawen)
	137 (Reban)
63	63a (Dukuh Kasur)
	116 (Surabayan)
	134 (Subah)

Sumber: Puslitbang SDA, 2011.

3.2 Data hujan TRMM

Dalam kajian tesis ini data TRMM yang telah dikoreksi diperoleh dari Puslitbang SDA bekerja sama dengan DELTARES (lembaga riset dari Belanda), sehingga untuk saat ini data TRMM yang sudah dikoreksi belum dapat diakses/diperoleh langsung secara bebas. Validasi dilakukan pada beberapa lokasi pos hujan lapangan (*groundstations*) dan grid TRMM yang dipilih diantaranya berdasarkan kriteria grid yang memiliki kerapatan pos hujan lapangan yang tinggi. Indikator validasi dilakukan berdasarkan nilai RMSE terkecil. Dari hasil analisa (Tabel 5, pada halaman berikutnya) menunjukkan bahwa setelah dikoreksi maka nilai RMSE lebih kecil dibandingkan dengan sebelum dikoreksi.

Data TRMM koreksi tersebut diperoleh melalui *software* FEWS/DEWS (*Flood/Drought Early Warning System*) yang dapat digunakan sebagai alat/*tool* untuk memperoleh data TRMM. Pembagian Grid TRMM untuk WS Pemali Comal dapat dilihat pada Gambar 1 (pada halaman berikutnya), sedangkan untuk pembagian Grid TRMM beserta 15 pos hujan terpilih dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5. Perbandingan TMPA 3B42 sebelum dan sesudah koreksi menggunakan menggunakan rata-rata perbedaan / error, realtive bias, RMSE dan koefisien korelasi periode 2003-2008

Validation region	Ground stations	TMPA					TMPA Bias corr.				
		P	P	Avg. Diff.	Rel. bias	RMSE	R ²	P	Avg. Diff.	Rel. bias	RMSE
Jakarta	2010	1865	-145	-7.2	83.8	0.84	1918	-92	-4.6	78.2	0.84
Bogor	3056	2944	-112	-3.7	94.9	0.83	2845	-211	-6.9	79.8	0.84
Bandung	1723	1936	213	12.3	85.8	0.84	1965	242	14.0	71.6	0.86
East Java	2106	1835	-271	-12.8	56.0	0.95	1819	-287	-13.6	49.3	0.96
Banjar Baru	2208	2217	9	0.4	59.6	0.84	2303	95	4.3	56.0	0.85
Lampung	1946	2190	234	12.6	83.8	0.89	2200	254	13.1	63.6	0.90
Avg. total	2175	2165	-10	0.3	77.3	0.87	2175	0	1.0	66.4	0.88

Sumber: Vernimmen et.al., 2012.

Tabel 4. Grid TRMM dan 15 pos hujan terpilih di WS Pemali Comal, Jawa Tengah

Pos Hujan	Kode Grid TRMM
5a (Luwung Bata)	13888
22 (Songgom)	14135
25 (Notog)	14135
33c (Penjalin)	14383
35b (Pesayangan)	13889
57 (Sirampok)	14136
60 (Bojong)	14136
63a (Dukuh Kasur)	13890
73 (Moga)	14136
88 (Bantar Bolang)	14137
97 (Ponolawen)	14138
109 (Bongas)	14137
116 (Surabayan)	13891
134 (Subah)	13892
137 (Reban)	14139

Sumber: Puslitbang SDA, 2011.

3.3 Tahapan analisa

Secara garis besar, tahapan kegiatan yang dilakukan dalam kajian ini guna memenuhi maksud dan tujuan diantaranya:

1. Membuat skenario data hujan lapangan periode panjang (1951 s/d 2013) dan data hujan satelit TRMM (2002 s/d 2013)
2. Kemudian dilakukan analisa kekeringan SPI dengan menggunakan metode SPI skala waktu 1, 3, 6, 9, 12, 24, 36, dan 48
3. Kemudian dilakukan analisa RMSE untuk melihat seberapa kuat hubungan antara SPI data hujan Satelit TRMM terhadap data hujan lapangan periode panjang.
4. Selanjutnya dilakukan analisa untuk menentukan koefisien koreksi dengan menggunakan :
 - a. parameter α - β distribusi Gamma pada SPI
 - b. parameter α - β distribusi Gamma pada SPI berdasarkan sebaran wilayah studi (barat, tengah, dan timur)

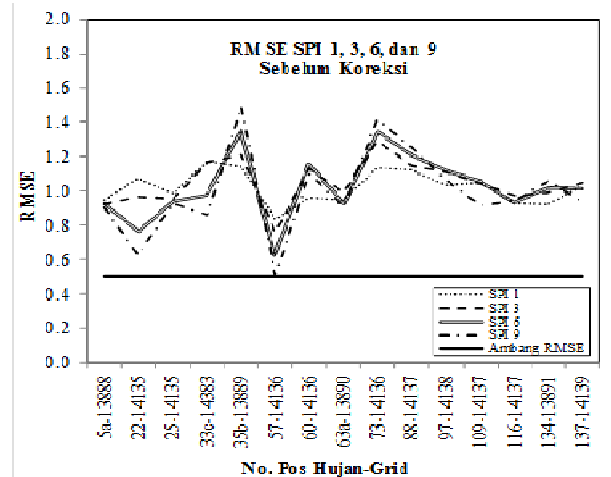
5. Kemudian dilakukan analisa RMSE kembali dan membandingkannya dengan RMSE sebelum koreksi
6. Jika RMSE koreksi lebih besar daripada RMSE sebelum koreksi, maka dilakukan koreksi terhadap nilai SPI dan kembali dihitung nilai RMSE koreksinya
7. Setelah proses analisa koefisien koreksi memenuhi syarat maka data satelit TRMM dapat digunakan untuk analisa kekeringan
8. Sehingga, maksud dan tujuan dari kajian ini dapat tercapai yaitu data TRMM juga dapat digunakan sebagai alternatif sumber data.

4. Hasil Penelitian

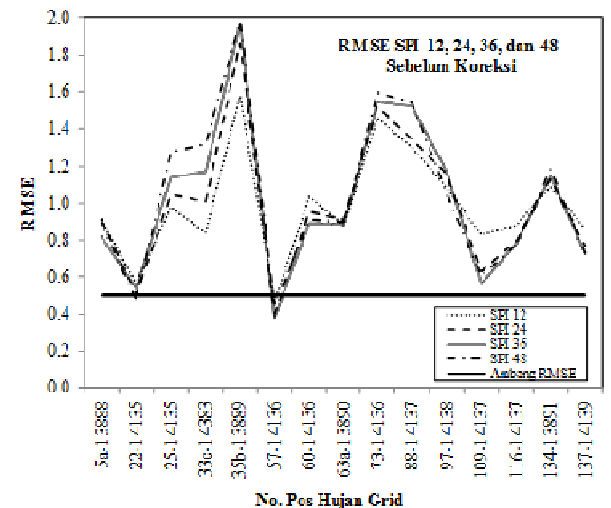
4.1 RMSE SPI tanpa koreksi

Untuk perhitungan RMSE, mula-mula dicari nilai *error* atau selisih antara SPI data panjang dan SPI data pendek, kemudian kuadrat dari nilai-nilai tersebut untuk masing-masing data bulanan. Lalu, jumlahkan seluruh nilai *error* yang telah dikuadratkan. Untuk menentukan kesalahan atau RMSE tersebut kecil atau besar, maka diperlukan suatu ambang batas. Jika nilai RMSE tersebut berada di atas ambang batas, maka SPI berdasarkan data pendek tanpa koreksi tidak bisa digunakan. Jadi dengan kata lain ambang batas digunakan sebagai batas kesalahan RMSE yang diijinkan.

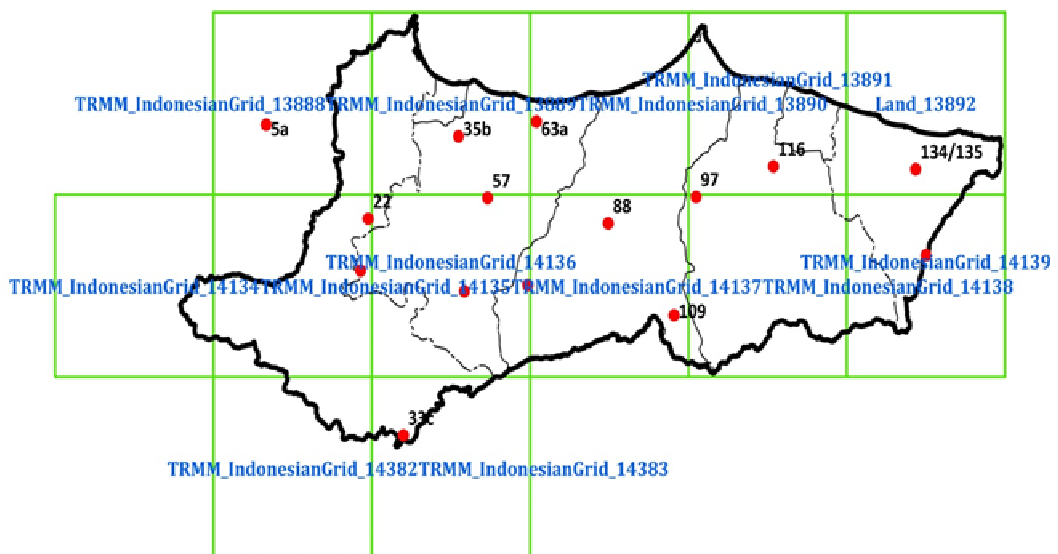
Penentuan ambang batas RMSE dibuat berdasarkan selisih pada klasifikasi nilai SPI pada klasifikasi kering (-1.00 – (-1.49) ; -1.50 – (-1.99)) dengan *range* sekitar $0.49 \approx 0.5$. Dengan demikian, untuk ambang batas RMSE yaitu diambil 0.5. Hasil analisa RMSE SPI data panjang -TRMM dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Nilai RMSE SPI 1, 3, 6, dan 9 pada 15 pos hujan dan grid TRMM



Gambar 3. Nilai RMSE SPI 12, 24, 36, dan 48 pada 15 pos hujan dan grid TRMM



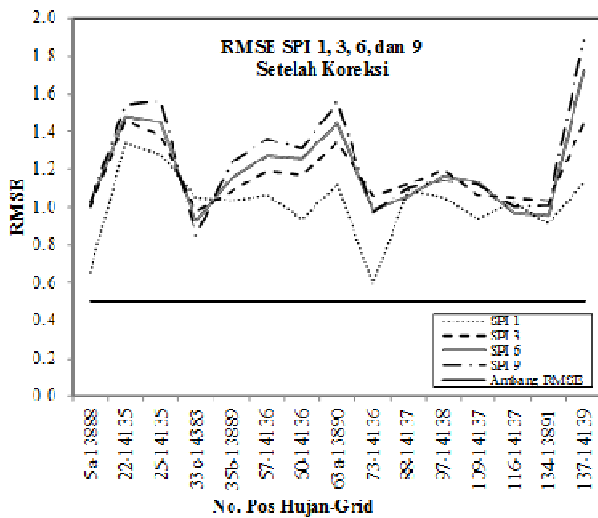
Sumber: Levina, 2014.

Gambar 1. Peta grid TRMM dan 15 pos hujan lapangan terpilih di WS Pemali Comal

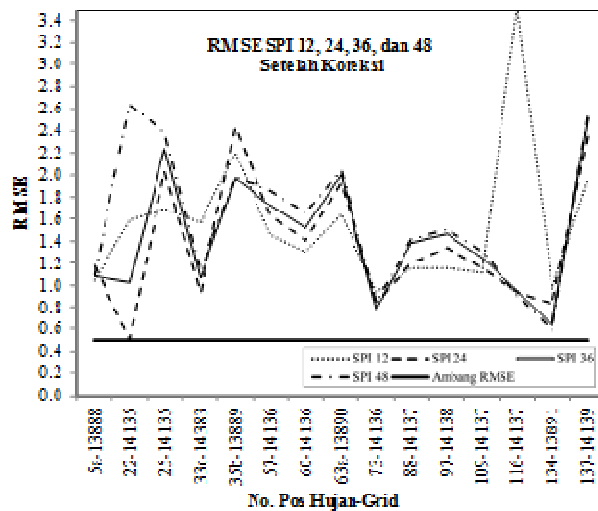
koreksi perlu dilakukan karena semua pos-grid memiliki nilai RMSE lebih besar dari yang diizinkan yaitu 0.5.

4.2 RMSE Koreksi α - β

Indeks kekeringan (SPI) hasil koreksi tersebut kemudian dibandingkan kembali dengan SPI data panjang dan dihitung nilai RMSE nya, sehingga dapat dibandingkan apakah dengan dilakukan koreksi menjadi lebih baik dibandingkan sebelum/tanpa koreksi. **Gambar 4** dan **5** menunjukkan nilai RMSE tanpa dan dengan koreksi.



Gambar 4. Nilai RMSE setelah dilakukan koreksi pada SPI skala waktu pendek (1, 3, 6, dan 9)

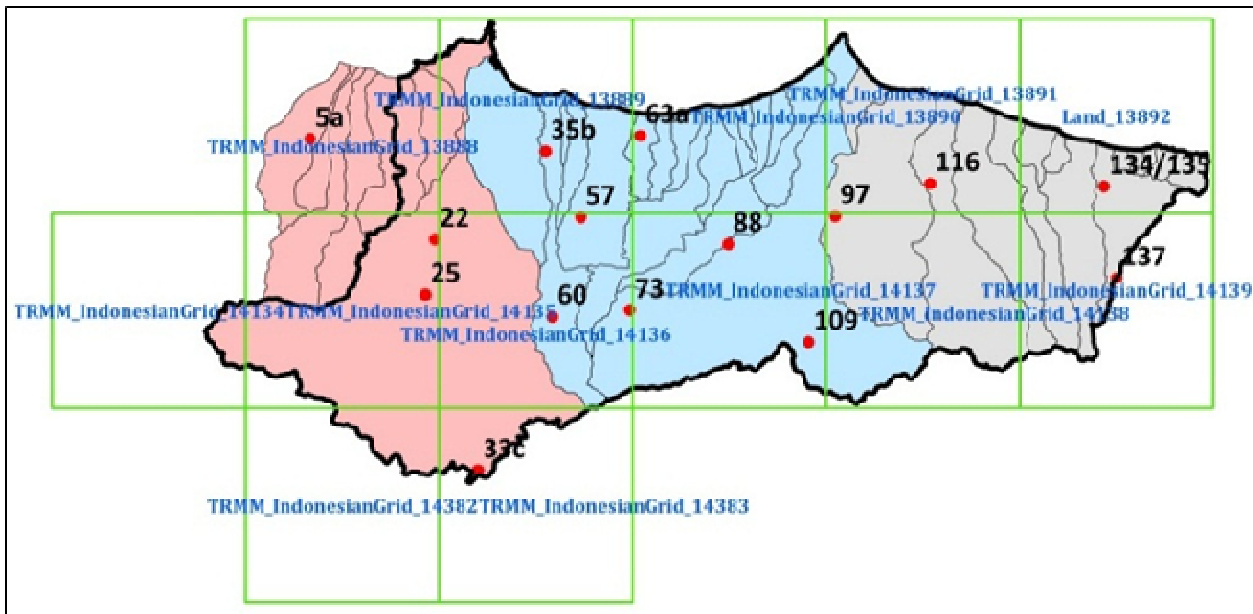


Gambar 5. Nilai RMSE setelah dilakukan koreksi pada SPI skala waktu panjang (12, 24, 36, dan 48)

Hasil analisa RMSE setelah koreksi α - β ternyata jauh lebih besar jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan koreksi.

4.3 RMSE Koreksi α - β Berdasarkan Sebaran Wilayah

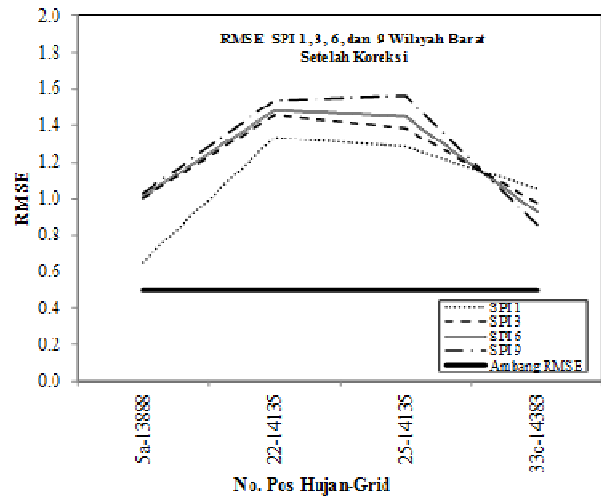
Prosedur perhitungan koreksi berdasarkan pembagian wilayah sama dengan prosedur perhitungan yang dilakukan pada koreksi α - β , yaitu dengan mengkoreksi rasio parameter α - β namun dibagi menjadi tiga bagian wilayah (**Gambar 6**).



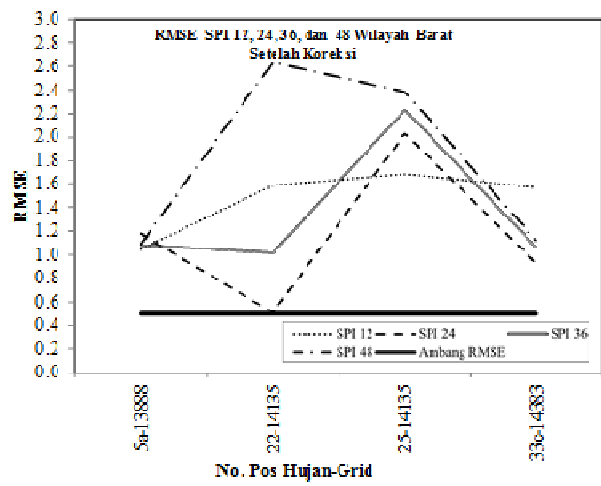
Sumber: Levina, 2014

Gambar 6. Sebaran pos hujan-grid TRMM terpilih berdasarkan pembagian wilayah barat, tengah, dan timur (dari kiri ke kanan) di wilayah Sungai Pemali Comal

Setelah diperoleh nilai koreksi α - β berdasarkan sebaran pos kemudian dihitung kembali SPI dan dibandingkan RMSE sebelum dan sesudah koreksi. Hasil RMSE setelah dilakukan koreksi pada 3 wilayah dapat dilihat pada Gambar 7 s/d Gambar 9.



(a)

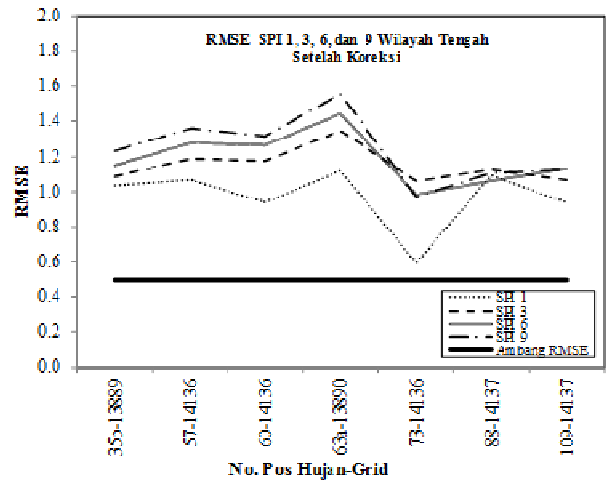


(b)

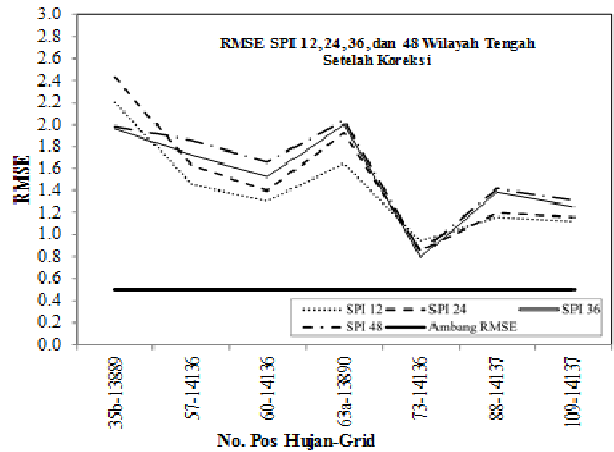
Gambar 7. Nilai RMSE pos hujan terpilih-grid berdasarkan pembagian wilayah barat SPI skala 1, 3, 6, dan 9 (a); SPI skala 12, 24, 36, dan 48 (b)

Sama halnya dengan RMSE setelah dilakukan koreksi α - β , maka pada RMSE koreksi berdasarkan sebaran wilayah hasilnya justru semakin jauh dari ambang yang telah ditentukan

Dengan demikian, dengan menggunakan koreksi pada parameter α - β data TRMM tidak menghasilkan nilai yang lebih baik, sehingga untuk koreksi dilakukan terhadap indeks kekeringannya (SPI) langsung, dengan harapan data TRMM dapat digunakan sesuai dengan tujuan dari kajian ini.



(a)



(b)

Gambar 8. Nilai RMSE pos hujan terpilih-grid berdasarkan pembagian wilayah tengah SPI skala 1, 3, 6, dan 9 (a); SPI skala 12, 24, 36, dan 48 (b)

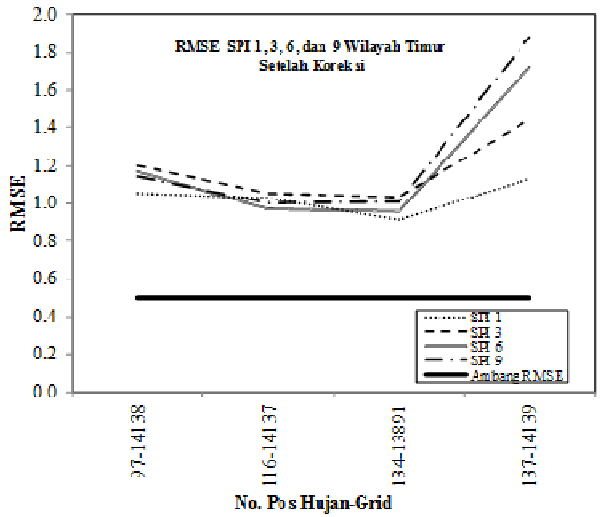
4.4 RMSE Koreksi SPI

Metode dalam mencari koefisien koreksi langsung terhadap indeks kekeringan (SPI) dilakukan secara sederhana yaitu dengan membandingkan nilai SPI pada data lapangan periode panjang dan pada data TRMM kemudian dicari nilai koefisien koreksinya dengan menggunakan persamaan linear, yaitu :

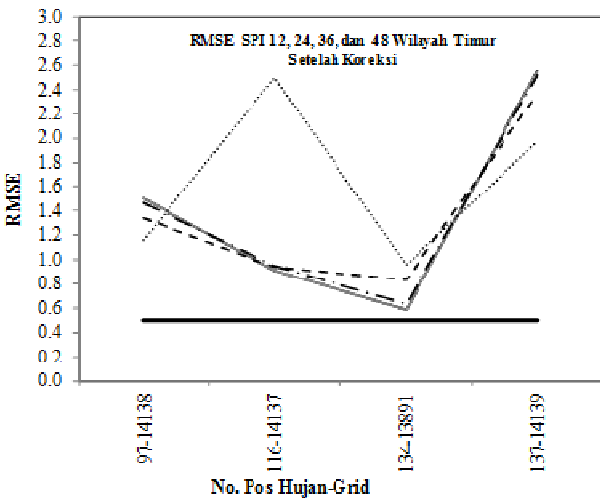
$$Y = ax + b$$

Dimana Y merupakan rasio SPI, a dan b merupakan faktor koreksi, serta x yang merupakan rasio SPI setelah dikoreksi. Faktor koreksi tersebut dihitung menggunakan *solver*.

Sebagai indikator keberhasilan koreksi tersebut adalah nilai RMSE sebelum dan RSME sesudah dilakukan koreksi. Jika nilai RMSE sesudah dilakukan koreksi nilainya lebih kecil dari nilai ambang batas yang diizinkan, maka koreksi terhadap indeks kekeringan dikatakan berhasil.

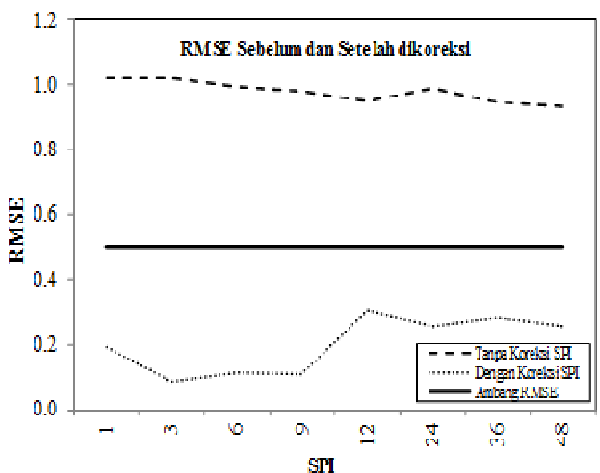


(a)



(b)

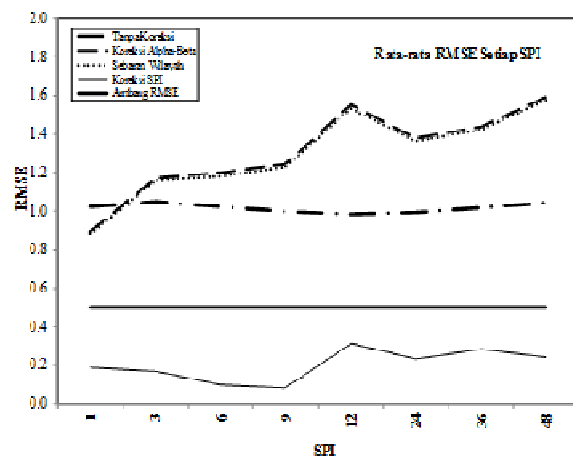
Gambar 9. Nilai RMSE pos hujan terpilih-grid berdasarkan pembagian wilayah timur SPI skala 1, 3, 6, dan 9 (a); SPI skala 12, 24, 36, dan 48 (b)



Gambar 10. RMSE SPI sebelum dan setelah dikoreksi

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata selisih SPI semakin kecil atau mendekati nol, dengan kata lain nilai SPI TRMM yang telah dikoreksi hasilnya hampir sama dengan SPI periode panjang. Sedangkan untuk nilai RMSE (Gambar 9), setelah dilakukan koreksi maka nilai RMSE menjadi lebih kecil dan jauh dibawah ambang batas. Sebaliknya, koefisien korelasi (Gambar 10) semakin mendekati 1 setelah dilakukan koreksi. Dengan demikian, untuk analisa dengan menggunakan data TRMM dapat dilakukan dengan meng-koreksi nilai SPI nya itu sendiri.

Untuk menentukan kondisi agar data hujan satelit TRMM dapat digunakan dalam analisa kekeringan, maka nilai RMSE dari hasil perhitungan dengan : tanpa koreksi, koreksi α - β , koreksi berdasarkan pembagian wilayah, dan koreksi SPI, nilai tersebut dirata-ratakan dari ke 15 pos hujan lapangan dan grid TRMM, dengan tetap menggunakan ambang batas RMSE 0.5 sebagai acuan. Hasil rata-rata dari RMSE tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Rata-Rata RMSE grid TRMM : tanpa-koreksi, koreksi α - β , koreksi sebaran wilayah, dan koreksi SPI

Berdasarkan nilai rata-rata RMSE seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11, maka dapat disimpulkan bahwa data TRMM hanya dapat digunakan untuk analisa kekeringan jika dilakukan koreksi langsung terhadap SPI nya. Kesimpulan ini didukung oleh nilai standar deviasi pada koreksi SPI, dimana nilainya lebih kecil dibandingkan yang lain, walaupun nilai koefisien variasinya lebih besar. Tanpa dilakukannya koreksi terhadap SPI terhadap data TRMM, maka data TRMM tersebut tidak atau kurang bisa digunakan untuk analisa kekeringan.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa pada kajian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Data TRMM yang telah dikoreksi terhadap SPI nya bisa digunakan untuk analisa kekeringan, karena nilai RMSE nya di bawah ambang batas kesalahan yang diijinkan.
2. Data TRMM yang tanpa dikoreksi dan data dengan koreksi α - β , baik untuk kesatuan wilayah maupun untuk sebaran wilayah, tidak bisa digunakan untuk analisa kekeringan, karena nilai RMSE SPI yang didapat lebih besar dari ambang kesalahan yang diijinkan.
3. Kajian ini dilakukan dengan studi kasus di daerah yang mempunyai data hujan lapangan dengan periode yang panjang. Sehingga nilai koreksi yang dihasilkan mungkin tidak tepat digunakan untuk daerah lain yang hanya memiliki data hujan lapangan periode pendek.
4. Untuk menentukan koefisien koreksi yang dapat digunakan untuk wilayah lain, metoda diatas bisa dipakai dengan terlebih dahulu memperhatikan kondisi iklim dan curah hujan di sekitar wilayah tersebut sebagai pembanding.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kami sampaikan kepada Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air- FTSL-ITB, kepada Puslitbang Sumber Daya Air -Kementerian PUPR, dan kepada DELTARES, atas bantuan dan dukungannya sehingga penelitian tentang koefisien koreksi indeks kekeringan berdasarkan data hujan lapangan dan satelit TRMM di wilayah sungai Pemali Comal (Jawa Tengah) bisa terlaksana.

Daftar Pustaka

Adidarma, Wanny, K., 2006, *Pengembangan Model Pemantauan Gejala Kekeringan di Indonesia Studi Kasus Masalah Kekeringan di Sws Pemali Comal, Jawa Tengah*, Disertasi S3, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Edwards, D.C., McKee, T.B., 1997, *Characteristic of 20th Century Drought In The United States at Multiple Time Scales*, Climatology Report No.97-2, Department of Atmospheric Science Colorado State University. (<http://ccc.atmos.colostate.edu/edwards.pdf>, diunduh pada Januari 2014)

Hayes, M.J., 1999, *Drought Indices, National Drought Mitigation Centre*. (<http://www.wrcc.dri.edu/spi/explanation.htm> diunduh Desember 2013).

Levina, 2014, *Kajian Koefisien Koreksi Indeks Kekeringan Berdasarkan Data Hujan Lapangan dan TRMM : Studi Kasus Ws Pemali Comal, Jawa Tengah*. Tesis, Institut Teknologi Bandung.

McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993, *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales*, Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California, USA.

NASDA (National Space Development Agency of Japan), 2001, *TRMM Data Users Handbook*, February.

Pusat Litbang Sumber Daya Air, 2010, *Laporan Akhir: Mengatasi Kekeringan Akibat Perubahan Iklim dengan Pendekatan Mitigasi*, Bandung.

Pusat Litbang Sumber Daya Air, 2011, *Laporan Akhir: Penelitian Prakiraan dan Pengendalian Kekeringan*, Bandung.

Spinoni J, et.al., 2013, *An Overview of Drought Events in The Carpathian Region in 1961-2010*, Adv. Sci. Res., 10, 21-32, 2013. (www.adv-sci-res.net > asr-10-21-2013)

Suryantoro, Arief, et.al., 2008, *Aplikasi Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) untuk Prediksi Curah Hujan Wilayah Indonesia*, Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim-LAPAN.

Thom, H. C. S, 1966, *Some Methods of Climatological Analysis*, WMO Technical note no.81, World Meteorological Organization Publication no.199, 53 pp. (http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/publications/technical_notes.php)

Vernimmen RRE, et.al., 2012, *Evaluation and Bias Correction of Satellite Rainfall Data for Drought Monitoring in Indonesia*, Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 133-146, doi: 10.5194/hess-16-133-2012. (<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/133/2012/hess-16-133-2012.pdf>)

World Meteorological Organization (WMO), 2012, *Standardized Precipitation Index User Guide No. 1090*, Geneva – Switzerland.

