

# PENGEMBANGAN MODEL HyBMG 2.07 UNTUK PREDIKSI IKLIM DI INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN DATA TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM)

## DEVELOPMENT OF HyBMG 2.07 MODEL FOR CLIMATE PREDICTION IN INDONESIA USING TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM) DATA

Tri Astuti Nuraini<sup>1\*</sup>, Danang Eko Nuryanto<sup>1</sup>, Kurnia Endah Komalasari<sup>1</sup>, Ratna Satyaningsih<sup>1</sup>,  
Yuaning Fajariana<sup>1</sup>, Rian Anggraeni<sup>1</sup>, Ardhasena Sopaheluwakan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jl. Angkasa I No, 2 Jakarta Pusat 10720

\*Email: astuti.nuraini@bmkgo.id

Naskah masuk: 01 Maret 2019; Naskah diperbaiki: 14 Maret 2019; Naskah diterima: 21 Juni 2019

### ABSTRAK

Metode prediksi berbasis statistik prakiraan iklim khususnya curah hujan saat ini telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah HyBMG. HyBMG merupakan model prediksi iklim berbasis statistik yang dikembangkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan (Puslitbang) Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Ada 3 metode prediksi univariat yang diujikan dalam aplikasi HyBMG yaitu *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS), *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), dan Transformasi Wavelet. Namun demikian masih ada kendala dalam model ini yaitu *running* model masih dilakukan satu per satu untuk tiap lokasi dan metode, sehingga pada saat akan melakukan *running* untuk beberapa titik (lokasi) observasi membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut dan menghasilkan informasi melalui prediksi iklim yang berkualitas diperlukan model prediksi iklim yang memiliki performa tinggi. Pengembangan HyBMG 2.07 dilakukan agar dapat dijalankan dengan menggunakan data spasial, yang dalam hal ini adalah data curah hujan bulanan seluruh wilayah Indonesia dari hasil penginderaan jauh satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Waktu yang diperlukan untuk menjalankan model menjadi jauh lebih cepat. Hasil validasi menunjukkan bahwa prediksi curah hujan bulanan dari ketiga metode yang digunakan masih *underestimate* bila dibandingkan dengan data observasinya. Namun, metode-metode yang digunakan mampu memprediksi lebih baik untuk wilayah dengan hujan tipe monsun (Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara) daripada untuk wilayah dengan tipe hujan ekuatorial dan lokal.

**Kata Kunci:** prediksi iklim, HyBMG, ANFIS, ARIMA, Wavelet

### ABSTRACT

There are numerous statistics methods to forecast rainfall and tools developed based on these methods. The Center for Research and Development of Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG) has developed a statistics-based model for rainfall prediction, namely HyBMG. There are 3 univariate prediction methods provided in the HyBMG application, namely *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS), *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), and Wavelet Transformation. However, the application does not have capability to simultaneously predict rainfall over all stations using all methods and hence time-consuming. Therefore, to produce reliable and timely climate information and predictions, a high-performance climate prediction model is needed. We improve the model by devising it to run spatial data, i.e. measured monthly rainfall data obtained from the *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) satellite covering Indonesia regions. The running time required decreases significantly compared to the previous model. The three methods in the current model still underestimate the monthly rainfall. However, the methods are better in predicting rainfall over monsoon type region (Java, Bali, Nusa Tenggara, and part of Sumatera) than over equatorial and local regions.

**Keywords:** climate prediction, HyBMG, ANFIS, ARIMA, Wavelet

## 1. Pendahuluan

Variasi curah hujan di wilayah Indonesia sangat tinggi baik secara spasial maupun temporal. Pola curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh pola monsun yang dicirikan oleh adanya musim hujan dan kemarau. Secara keseluruhan pola curah hujan di wilayah Indonesia terbagi menjadi tiga, yaitu pola monsun, ekuatorial, dan lokal [1]. Pola monsun dengan ciri puncak musim hujan sekitar bulan Desember-Januari-Februari (DJF) dan musim kemarau sekitar bulan Juni-Juli-Agustus (JJA). Pola ekuatorial dicirikan dengan adanya dua puncak musim hujan dalam setahun, dan pola lokal dicirikan dengan adanya musim hujan dan kemarau seperti pola monsun, hanya waktu terjadinya musim tersebut berbalik waktunya [1].

Pengukuran/pengamatan curah hujan dilakukan dengan menggunakan alat pencatat curah hujan (*rain gauge*) baik secara manual maupun otomatis. Alat pengukur curah hujan dalam waktu 24 jam yang paling umum digunakan dikenal dengan alat pengukur hujan tipe observatori. Sedangkan alat pengukur yang mencatat intensitas dalam satuan waktu lebih kecil dari 24 jam diantaranya adalah tipe Hilman. Pencatatan curah hujan atau beberapa unsur meteorologi secara otomatis yang dimaksud adalah secara elektro-mekanik yaitu unsur yang diamati oleh berbagai sensor diubah ke dalam bentuk sinyal elektronik yang dikonversi sesuai besaran dari unsur-unsur yang diamati. Secara umum alat ini dikenal dengan *Automatic Weather Station (AWS)*.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pengukuran curah hujan tidak hanya dilakukan melalui pengukuran langsung di lapangan, namun juga dilakukan dengan menggunakan pendekatan penginderaan jauh (*remote sensing*) melalui satelit. Penggunaan satelit sebagai alat untuk mengukur curah hujan telah banyak dikembangkan. Walaupun bukan merupakan pengukuran langsung, namun cakupan wilayahnya yang luas membuat data satelit ini menjadi salah satu referensi yang cukup penting untuk pengukuran curah hujan pada suatu wilayah, khususnya wilayah yang sulit dijangkau. Di wilayah tropik, saat ini telah tersedia sebuah perangkat penginderaan jauh yang melakukan misi pengukuran curah hujan di wilayah tropik menggunakan satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*. TRMM adalah proyek kerjasama dua badan antariksa nasional milik Amerika Serikat (*National Aeronautics and Space Administration/NASA*) dan Jepang, yang dirancang untuk mengukur curah hujan di daerah tropis beserta variasinya. Keunggulan data TRMM antara lain tersedia secara *near real-time* setiap tiga jam sekali, konsisten, daerah cakupan yang luas yaitu wilayah tropis, resolusi spasial yang cukup tinggi ( $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ), dan dapat diakses secara gratis. Hasil penelitian yang telah dilakukan

di Indramayu dan Palangkaraya menunjukkan bahwa data TRMM mampu merepresentasikan curah hujan wilayah lokal dengan cukup baik, sehingga sangat berpotensi untuk digunakan sebagai salah satu alternatif dalam memantau dan memprediksi curah hujan di Indonesia [2]. Sejak 8 April 2015 TRMM sudah tidak digunakan lagi karena penipisan bahan bakar. Namun demikian mengingat keberhasilan dari TRMM, NASA dan JAXA meluncurkan satelit *Global Precipitation Measurement (GPM)* pada awal 2014 untuk mengganti satelit TRMM. GPM memberikan resolusi yang lebih baik, resolusi ruang spasial  $0.10^\circ$  dan resolusi temporal 30 menit [3].

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait penggunaan data TRMM di wilayah Indonesia diantaranya Syaifullah, M.D [4] yang melakukan penelitian terkait validasi data TRMM terhadap data curah hujan aktual di tiga DAS di Indonesia. Dalam penelitiannya Syaifullah menemukan bahwa secara umum nilai curah hujan TRMM Jaxa (GSMaP\_NRT) mempunyai pola yang mengikuti curah hujan pengamatan (aktual) meskipun nilainya cenderung di bawah perkiraan. Selain itu ada penelitian yang dilakukan oleh Nugroho et.al [5] yang melakukan verifikasi data estimasi curah hujan dari satelit TRMM dan pos pengamatan hujan BMKG di Sulawesi Utara, dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa data estimasi curah hujan buatan TRMM secara umum dapat digunakan untuk wilayah Sulawesi Utara khususnya pada daerah yang belum terdapat penakar hujan.

Besarnya curah hujan yang akan terjadi tidak dapat ditentukan dengan pasti, namun dapat diprediksi atau diperkirakan dengan menggunakan data historis curah hujan beberapa waktu yang lampau. Saat ini telah banyak metode prediksi berbasis statistika yang dikembangkan untuk mendapatkan prakiraan iklim khususnya curah hujan. Salah satu model prediksi iklim dengan berbasis statistik baik statistik univariat maupun statistik multivariat yang dikembangkan Puslitbang BMKG adalah HyBMG. HyBMG merupakan salah satu aplikasi pemodelan statistik yang dikembangkan Tim Puslitbang BMKG dengan mengumpulkan beberapa metode prediksi secara statistik dalam satu wadah aplikasi. Ada 3 metode prediksi univariat yang ada dalam aplikasi HyBMG yaitu *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*, *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*, dan Transformasi Wavelet [6].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa prakiraan dengan menggunakan HyBMG ini hasilnya cukup baik untuk beberapa lokasi yang telah diujikan [6,7,8,9,10] Namun demikian masih ada beberapa kendala diantaranya *running* model masih dilakukan satu persatu untuk tiap lokasi dan metode, sehingga

apabila akan melakukan *running* untuk beberapa titik (lokasi) membutuhkan waktu yang cukup lama.

Selain ketepatan hasil, untuk menghasilkan informasi dan prediksi iklim yang berkualitas diperlukan model prakiraan iklim yang memiliki performa tinggi yaitu waktu yang diperlukan lebih singkat saat menjalankan model dengan banyak titik (lokasi). Oleh karena itu diperlukan model yang dapat menjalankan prediksi untuk banyak titik dengan semua metode secara sekaligus dalam waktu yang lebih cepat.

Tujuan penelitian ini untuk menguji performa HyBMG terbaru (pengembangan dari versi 2.07) dalam memprediksi parameter iklim secara cepat dengan beberapa metode (multi metode) dan multi titik (spasial) dengan menggunakan data TRMM/GPM.

## 2. Metode Penelitian

Data yang digunakan sebagai input untuk melakukan prediksi adalah data TRMM/GPM bulanan yaitu bulan November 1998 – Oktober 2016 untuk menghasilkan prediksi November 2016 – Oktober 2017. Sedangkan untuk validasi model digunakan data GPM bulan November 2016 – Oktober 2017. Prediksi curah hujan bulanan TRMM/GPM menggunakan metode univariat dari *software* HyBMG terbaru yang merupakan pengembangan dari versi sebelumnya (HyBMG 2.07). Metode univariat dalam *software* HyBMG meliputi ARIMA ANFIS, dan Transformasi Wavelet.

**ARIMA.** ARIMA merupakan salah satu teknik/ model statistik yang digunakan untuk memprediksi suatu *time series* (runtun waktu/deret berkala) yang mempunyai korelasi (hubungan) diantara anggotanya (tidak random) dan bersifat stasioner. Prediksi iklim menggunakan metode *time series* didasarkan pada nilai-nilai peubah atau penyimpangannya yang telah terjadi pada waktu yang lalu. Tujuannya adalah menentukan pola historis data kemudian mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa yang akan datang berdasarkan asumsi kontinuitas. Model ARIMA dapat ditulis sebagai Model **ARIMA (p,d,q)** yang merupakan model campuran antara model *autoregressive* (AR) berordo p dengan *moving average* (MA) berordo q yang mengalami perbedaan (*difference*) sebanyak d kali. **ARIMA(p,d,q) (P,D,Q)T** merupakan model campuran antara model *autoregressive* (AR) berordo p dengan *moving average* (MA) berordo q yang mengalami *difference* sebanyak d kali dan model campuran antara model *autoregressive* (AR) musiman berordo P dengan *moving average* (MA) musiman berordo Q yang mengalami *seasonal difference* sebanyak D kali dengan periode musiman T.

Persamaan Umum ARIMA:

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_v \quad (1)$$

Dimana,  $\phi_p(B)$  adalah operator stasioner AR dan  $\theta_q(B)$  operator *invertible* MA [11]

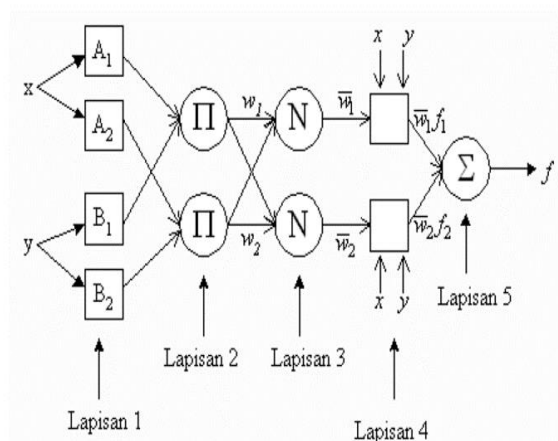
**ANFIS.** ANFIS merupakan sistem *fuzzy logic* yang diterapkan pada konsep jaringan *adaptive* [12]. *Neural-network* mengenal pola-pola dan menyesuaikan pola terhadap perubahan lingkungan, sedangkan *fuzzy logic* menggabungkan pengetahuan manusia dan mencari kesimpulan untuk membuat suatu keputusan. Dengan demikian ANFIS adalah penggabungan mekanisme *fuzzy inference system* yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf.

Sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah sistem inferensi *fuzzy* model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. ANFIS dapat diaplikasikan secara langsung di bidang pemodelan, pengambilan keputusan, pemrosesan sinyal dan control [12]. HyBMG dengan metode ANFIS melakukan prediksi curah hujan dengan mengenali dan mempelajari pola-pola nilai pada titik-titik dimasa lampau yang kemudian membuat keputusan untuk memprediksi nilai suatu titik dimasa depan.

Menurut Jang (1993) [12] sistem inferensi *fuzzy* terdiri dari 5 (lima) bagian:

- 1) Basis aturan (*rule base*), terdiri dari sejumlah aturan jika-maka *fuzzy*;
- 2) Basis data (*database*) yang mendefinisikan fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* yang digunakan dalam aturan *fuzzy*; biasanya, basis aturan dan basis data digabung dan disebut basis pengetahuan (*knowledge base*).
- 3) Satuan pengambil-keputusan (*decision-making unit*) yang membentuk operasi inferensi pada aturan (*rule*);
- 4) Antarmuka fuzzifikasi (*fuzzification interface*) yang merubah input ke dalam derajat yang sesuai dengan nilai linguistik (*linguistik value*);
- 5) Antarmuka defuzzifikasi (*defuzzification interface*) yang merubah hasil *fuzzy* inferensi ke bentuk *output* yang kompak.

Struktur ANFIS terdiri atas lima lapisan dengan fungsi yang berbeda untuk tiap lapisannya (Gambar 1). Tiap lapisan terdiri atas beberapa simpul yang dilambangkan dengan kotak atau lingkaran. Lambang kotak menyatakan simpul adaptif artinya nilai parameternya bisa berubah dengan pembelajaran. Lambang lingkaran menyatakan simpul nonadaptif yang nilainya tetap.



**Gambar 1. Struktur ANFIS**

Setiap masukan (input) tersebut dibagi jadi dua fungsi keanggotaan. Input x dibagi dalam A1 dan A2 anggap misalnya A1 menyatakan *small* dan A2 menyatakan *big*. Input y dibagi dalam fungsi keanggotaan B1 yang menyatakan *small* dan B2 yang menyatakan *big*. Dari pemetaan tersebut x dan y sudah jadi variabel *fuzzy* yang masing-masing punya nilai *m* *small* dan *big* tertentu. Input x mempunyai nilai mA1 dan mA2 sedangkan input y punya nilai mB1 dan mB2. Nilai masing-masing pasangan input tersebut lalu diintegrasikan dengan operasi T-norm, misalnya operasi ini adalah operasi AND. Jadi  $w_1 = (mA1 \text{ AND } mA2)$  dan  $w_2 = (mB1 \text{ AND } mB2)$ .

Dari basis aturan yang sudah dibuat sebelumnya bahwa:

$$\begin{aligned} \text{if } w=w_1 \text{ then } f_1 &= p_1x + q_1y + r_1 \\ \text{if } w=w_2 \text{ then } f_2 &= p_2x + q_2y + r_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Nilai  $p_1, q_1, r_1, p_2, q_2$ , dan  $r_2$  dari merupakan parameter konsekuensi yang ditentukan dengan nilai awal tertentu dan akan berubah dengan pembelajaran (algoritma belajar). Selanjutnya dari nilai  $f$  dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} f &= \frac{w_1f_1 + w_2f_2}{w_1 + w_2} \\ &= \bar{w}_1f_1 + \bar{w}_2f_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Hal ini disebut defuzzifikasi. Rumus tersebut sebenarnya diperoleh dari salah satu metode defuzzifikasi yaitu metode rata-rata tengah (*centroid*)

**Wavelet.** Transformasi wavelet merupakan perbaikan dari transformasi *fourier*. Transformasi *fourier* hanya dapat menangkap informasi apakah suatu sinyal memiliki frekuensi tertentu atau tidak, tapi tidak dapat menangkap di mana frekuensi itu terjadi. Transformasi wavelet dapat digunakan untuk menganalisa deret waktu yang mengandung data non stasioner pada frekuensi yang berbeda [7]. Dalam transformasi wavelet curah hujan dianggap sebagai

sinyal yang benar-benar non stasioner sehingga analisis curah hujan bertujuan mengetahui periodisitas dan informasi kapan terjadinya. Untuk itu perlu suatu transformasi yang dapat memberikan tampilan waktu-frekuensi dari sinyal [13].

Transformasi wavelet dari  $x(t)$  atau sinyal hujan menghasilkan *approximation coefficient* dan *detail coefficient*. Koefisien-koefisien ini selanjutnya direntangkan ke depan sepanjang selang tertentu sebelum kemudian disatukan kembali. Untuk prediksi curah hujan univariat dengan transformasi wavelet proses merentangkan ke depan dilakukan dengan metode prediksi ANFIS. Oleh karena itu metode wavelet memberikan hasil transformasi Wavelet ANFIS.

**Pengembangan Model.** Perbaikan yang dilakukan sebagai pengembangan HyBMG adalah dengan menambah *looping* inputan dari banyak titik sehingga dapat dibuat *output* secara spasial. Metodologi dalam penelitian ini disajikan dalam diagram alir pada Gambar 2.

Proses diawali dengan *reshaping* data spasial TRMM/GPM menjadi data 2D (kolom berupa titik spasial dan baris berupa waktu) sebagai input HyBMG. Selanjutnya *looping* dengan masing-masing metode prediksi untuk mendapatkan *output* prediksi November 2016 – Oktober 2017. Dalam kajian ini, prediksi dilakukan untuk seluruh wilayah Indonesia dengan menggunakan metode ANFIS, ARIMA dan Wavelet. Analisis dalam dua tahapan yaitu analisa hasil prakiraan untuk tiap metode yang digunakan dan validasi metode prakiraan. Validasi model prakiraan dilakukan dengan membandingkan hasil prakiraan bulanan (November 2016 – Oktober 2017) dengan data GPM bulan November 2016 – Oktober 2017 (Gambar 2). Selain itu juga dilakukan perhitungan nilai korelasi dan *Root Mean Square Error* (RMSE) dari keduanya. *Reshaping* kembali *output* tersebut menjadi bentuk semula 3D (bidang spasial x waktu) dan *plotting output* tersebut menjadi peta per bulan.

Verifikasi dilakukan dengan dua cara: pertama secara visual dan kedua secara perbandingan statistik. Untuk metode statistik digunakan metode korelasi pearson dan RMSE. Validasi hasil prediksi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi curah hujan bulanan data TRMM/GPM untuk setiap metode terhadap data observasi GPM, serta melakukan perhitungan nilai koefisien korelasi dan nilai RMSE. Korelasi dinyatakan dengan suatu koefisien yang menunjukkan hubungan (linier) relatif antara dua peubah. Jika nilai koefisien korelasi semakin besar maka semakin kuat hubungan diantara keduanya sehingga pola nilai estimasi akan semakin mendekati pola data aktualnya. Sedangkan nilai RMSE menunjukkan

rata-rata bias antara data hasil prediksi dan observasi, semakin besar nilai RMSE maka semakin besar bias antara data hasil prediksi terhadap data observasi. Hasil prediksi yang dinilai baik adalah prediksi dengan nilai korelasinya tinggi namun memiliki RMSE yang kecil.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (4)$$

Keterangan:

$r$  = korelasi

$n$  = jumlah sampel

$x_i, y_i$  = sampel individual dengan indeks ke  $i$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (5)$$

Keterangan:

$RMSE$  = root mean square error

$n$  = jumlah sampel

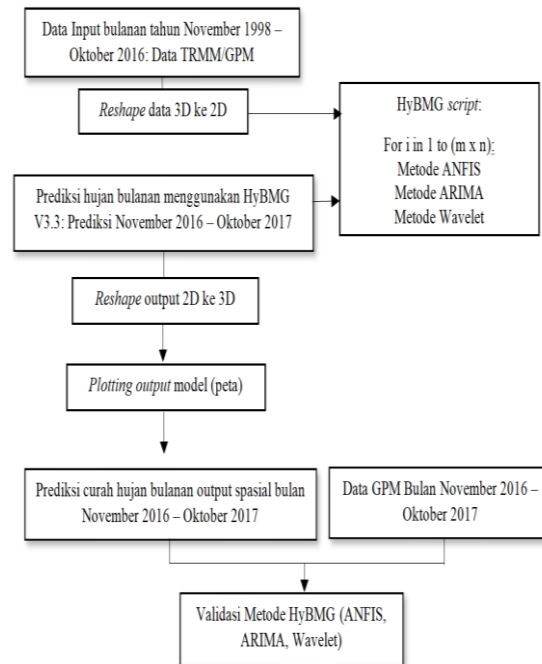
$x_i, y_i$  = sampel individual dengan indeks ke  $i$

Untuk mendapatkan gambaran secara jelas pola sebaran akurasi model, nilai korelasi dan RMSE di plot secara spasial. Hasil plot spasial ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui akurasi model secara cepat. Dengan demikian dapat diambil keputusan penggunaan model tertentu pada wilayah tertentu berdasarkan plot akurasi secara spasial tersebut.

### 3. Hasil dan Pembahasan

**Waktu Prediksi.** HyBMG terbaru, waktu yang digunakan untuk menjalankan semua prediksi cukup cepat, sehingga dapat digunakan untuk operasional. Sebagai contoh (Tabel 1) waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan prediksi 1 titik untuk HyBMG 2.07 dengan metode ANFIS adalah 3 detik, sehingga apabila akan menjalankan prediksi sebanyak 18.304 titik diperlukan waktu 15 jam. Sementara itu dengan menggunakan HyBMG terbaru waktu yang diperlukan untuk menjalankan prediksi 18.304 titik diperlukan waktu lebih cepat yaitu selama 15 menit.

Keunggulan waktu yang diperlukan dalam proses prediksi menggunakan HyBMG terbaru dikarenakan proses running satu persatu yang dilakukan HyBMG 2.07 lebih dihemat dengan sekaligus banyak titik. Misalnya dalam proses prediksi ARIMA, jika



**Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian**

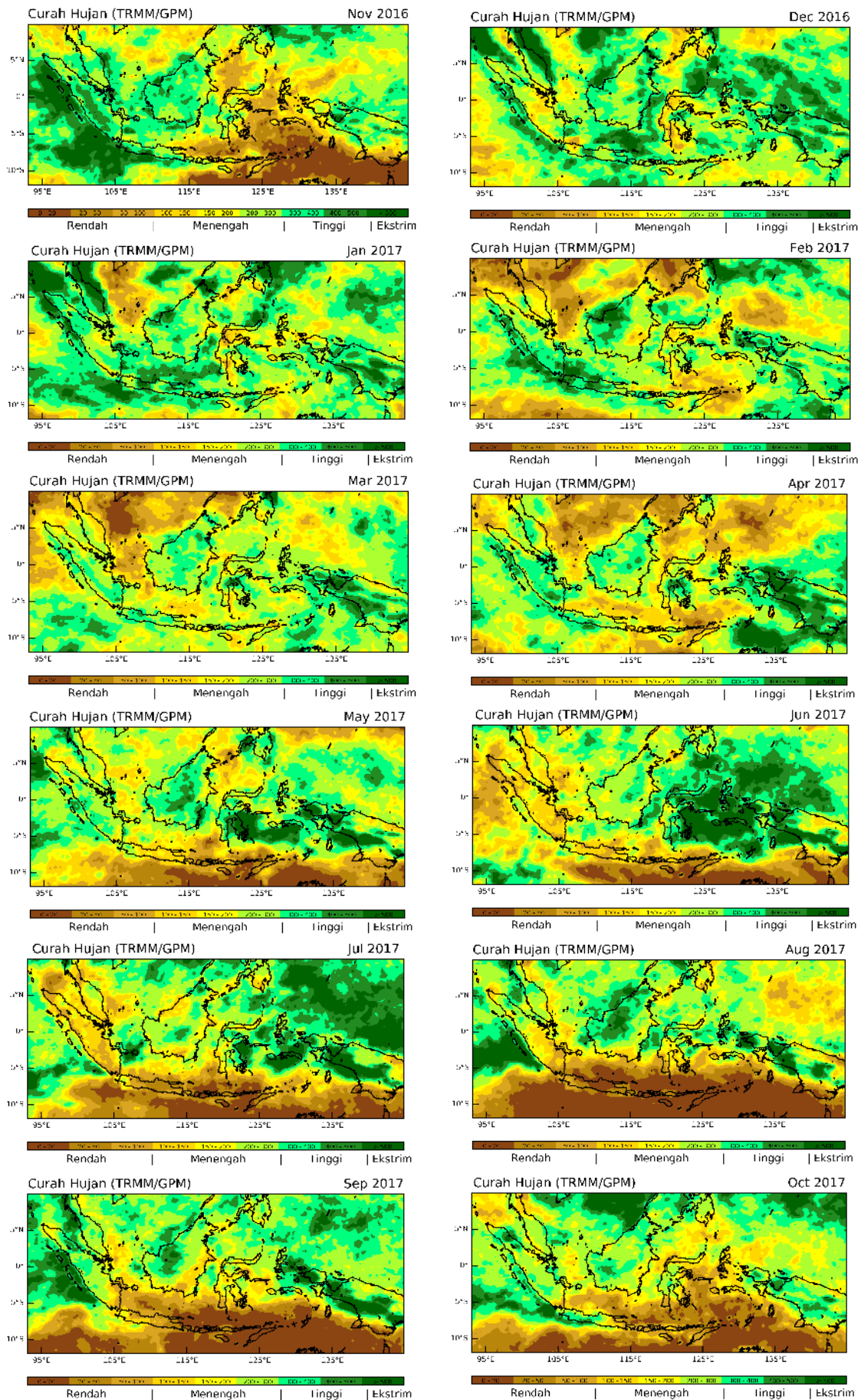
menggunakan HyBMG 2.07 harus mencoba satu persatu tiap titik, hal ini akan menambah lama proses prediksi. Sedangkan dalam HyBMG terbaru dalam proses *looping* telah dilakukan uji setiap kemungkinan model dan di validasi menggunakan korelasi dan RMSE dalam sekali proses prediksi. Hal inilah yang menjadikan proses prediksi HyBMG terbaru lebih cepat di banding HyBMG 2.07.

Gambar 3 menggambarkan pola curah hujan untuk bulan DJF kategori menengah sampai tinggi, sedangkan untuk bulan JJA sebagian besar pola curah hujan kategori rendah – menengah.

**Prediksi dengan metode ANFIS.** Berdasarkan hasil prediksi curah hujan bulanan dengan metode ANFIS yang digambarkan dalam Gambar 4 untuk prediksi bulanan pada musim hujan (DJF) hasil prediksi menunjukkan pola yang hampir sama dengan observasinya, namun ada sebagian wilayah menghasilkan prediksi yang lebih rendah (*underestimate*) dibandingkan dengan data observasi (data GPM). Demikian halnya dengan hasil prediksi bulanan untuk musim kemarau (JJA) sebagian besar wilayah hasilnya lebih rendah bila dibandingkan dengan data observasi.

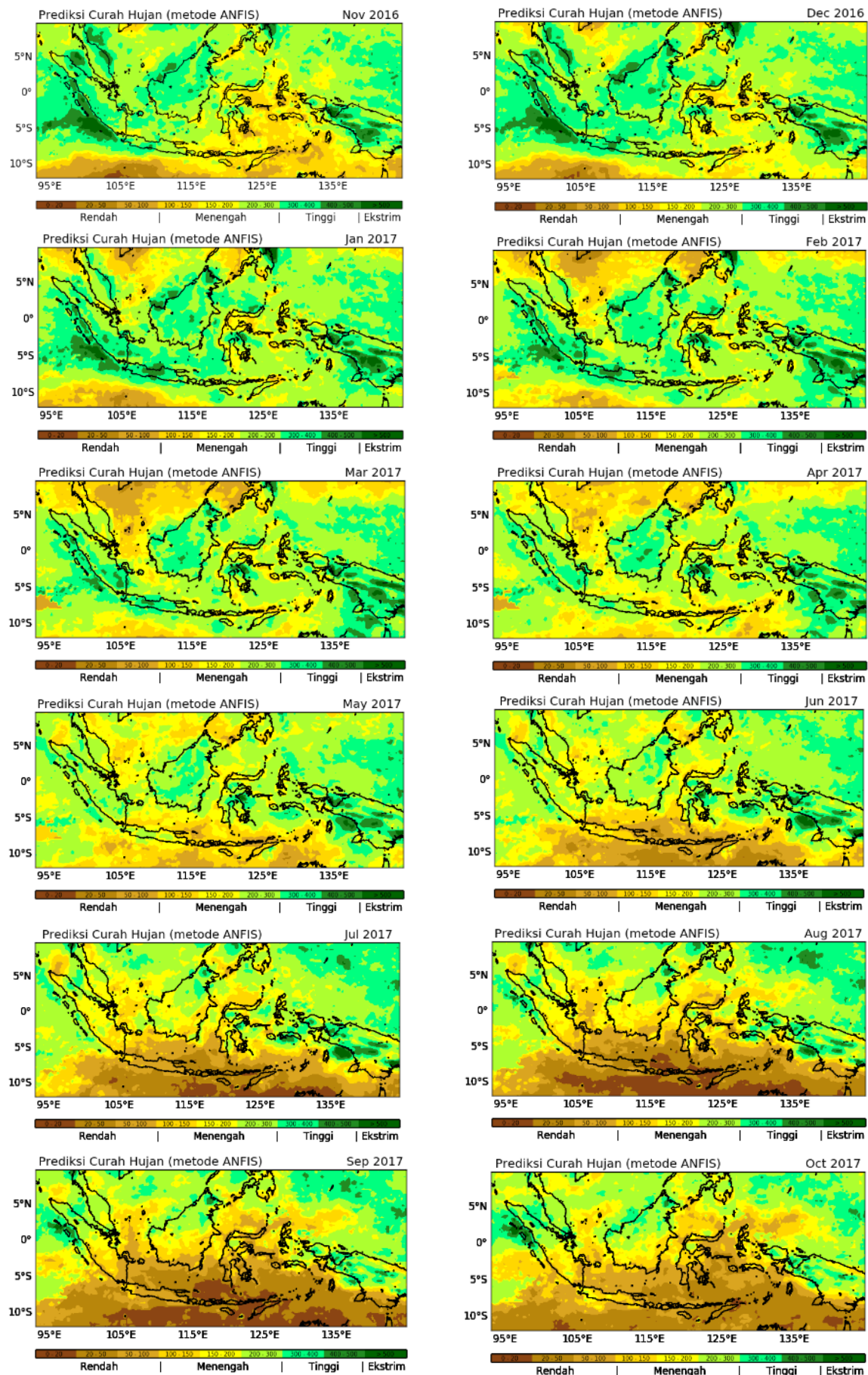
**Tabel 1. Perbandingan waktu menjalankan prediksi dengan menggunakan HyBMG 2.07 dan HyBMG terbaru**

Metode	HyBMG 2.07		HyBMG terbaru
	1 titik	208 x 88 = 18.304 titik	208 x 88 = 18.304 titik
ANFIS	3 detik	15 jam	15 menit
ARIMA	10 detik	50 jam	20 menit
WAVELET	5 detik	25 jam	18 menit

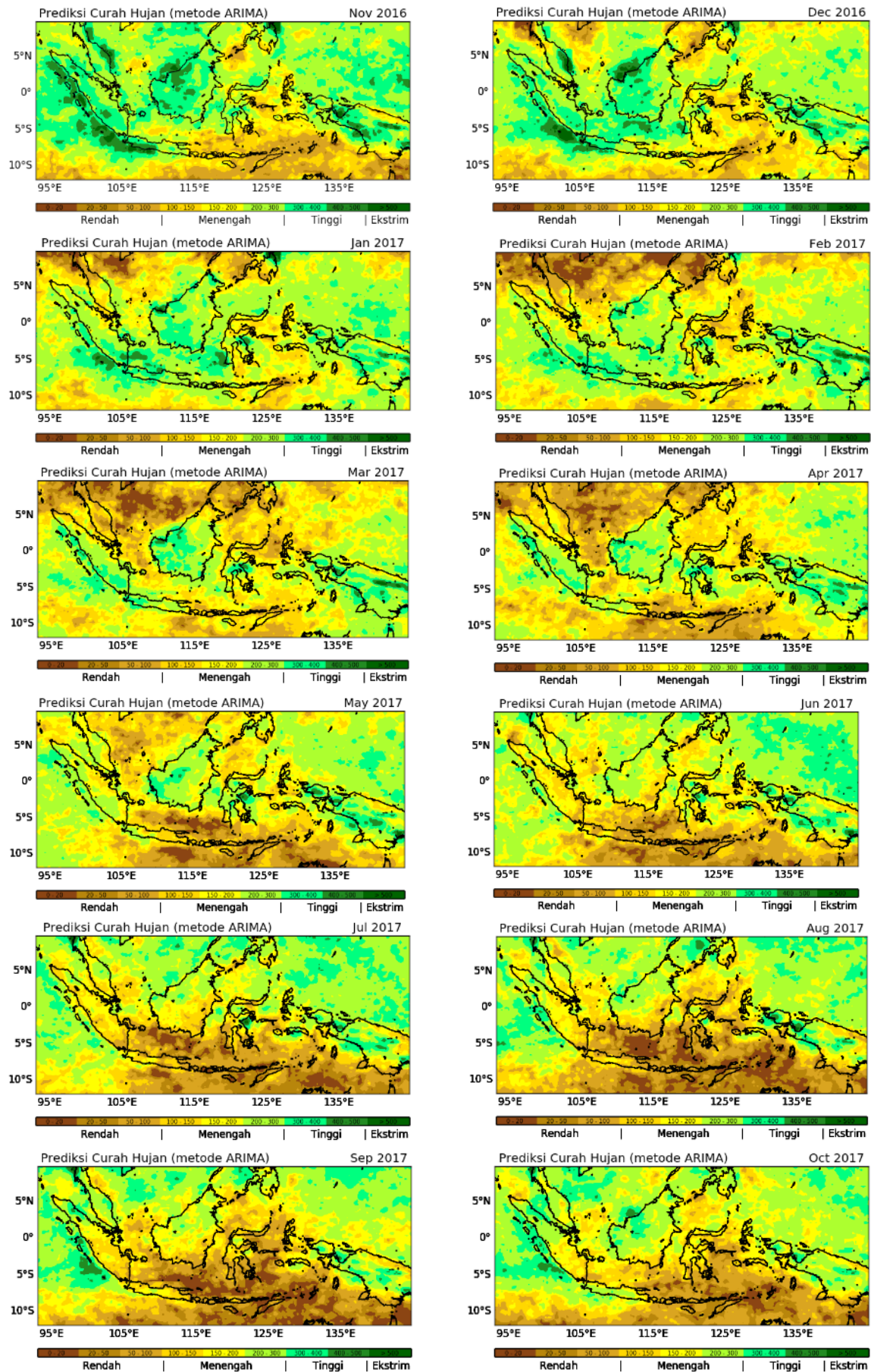


**Gambar 3. Data GPM untuk bulan November 2016 – Oktober 2017**



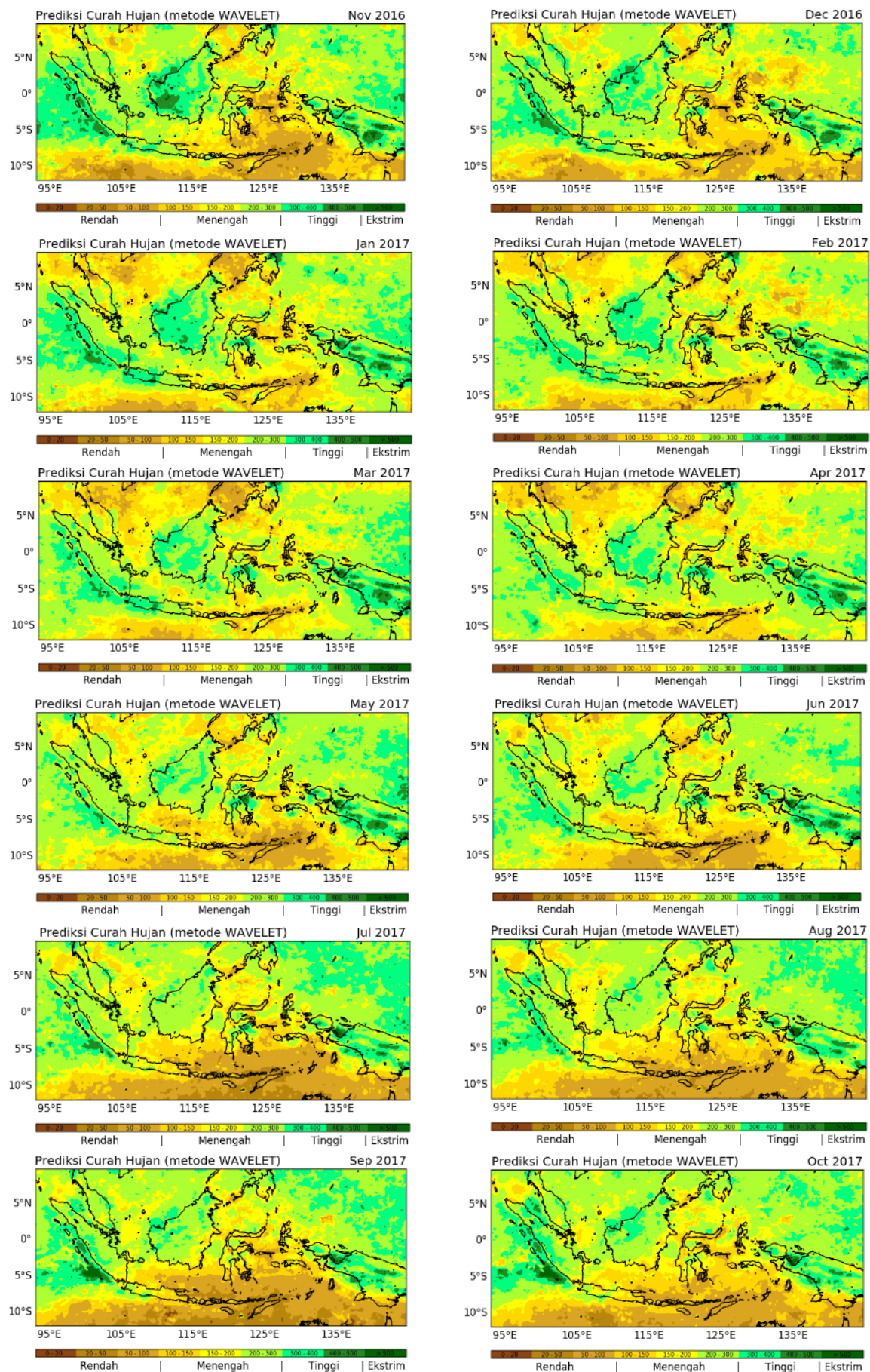


Gambar 4. Hasil spasial dengan menggunakan metode ANFIS

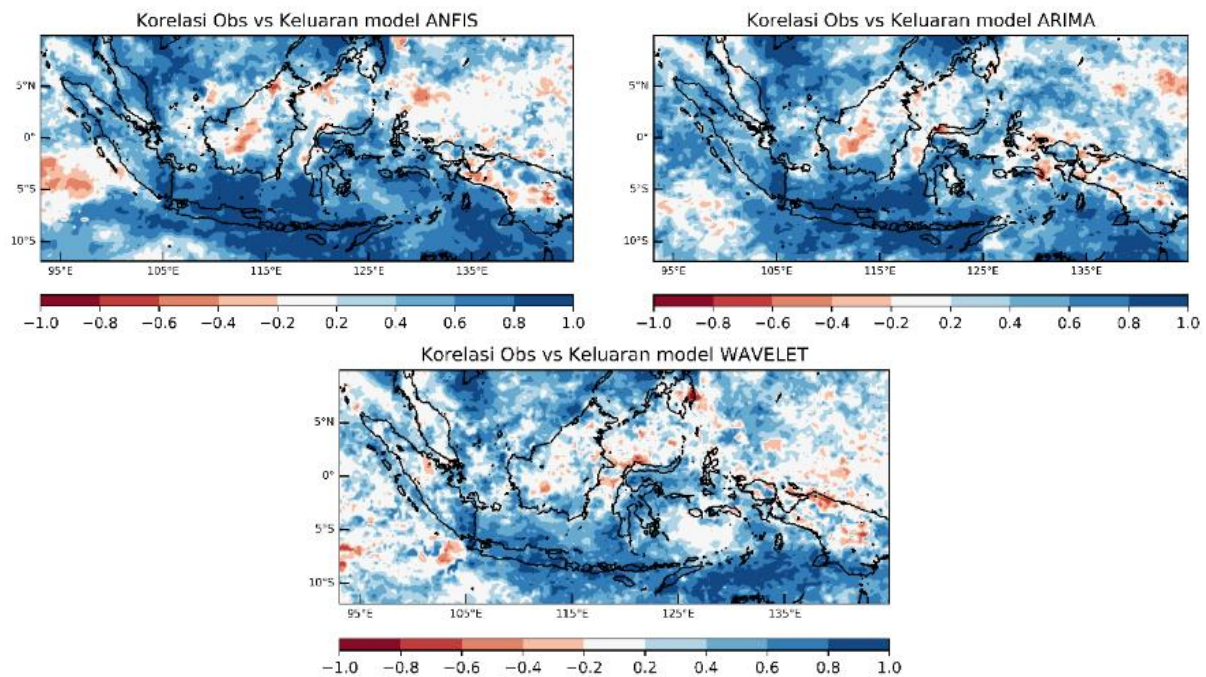


**Gambar 5. Hasil spasial dengan menggunakan metode ARIMA**





**Gambar 6. Hasil spasial dengan menggunakan metode Wavelet**



**Gambar 7. Korelasi dengan GPM**

**Prediksi dengan metode ARIMA.** Prediksi curah hujan bulanan dengan menggunakan metode ARIMA juga menunjukkan hasil yang *underestimate* bila dibanding dengan data observasinya. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5, pada musim penghujan (DJA) hasil prediksi menunjukkan curah hujan di wilayah Indonesia bagian barat kategori menengah sampai tinggi, sedangkan Indonesia bagian timur prediksi curah hujannya rendah – menengah. Hasil prediksi bulanan dengan metode ARIMA ini sebagian besar lebih rendah bila dibandingkan dengan data observasinya. Prediksi curah hujan pada musim kemarau (JJA), hasil prediksi bulanan di sebagian besar wilayah Indonesia kategori menengah – rendah, sedangkan data observasinya menunjukkan kategori rendah untuk Indonesia bagian barat, sedangkan Indonesia bagian timur sebagian ada yang masuk kategori tinggi.

**Prediksi dengan metode Wavelet.** Sama halnya dengan 2 metode sebelumnya (ANFIS dan ARIMA), prediksi curah hujan bulanan dengan menggunakan metode Wavelet juga menunjukkan hasil yang *underestimate* bila dibanding dengan data observasinya. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6, pada musim penghujan (DJA) hasil prediksi menunjukkan untuk curah hujan di wilayah Indonesia bagian barat kategori menengah sampai tinggi, sedangkan Indonesia bagian timur prediksi curah hujannya rendah – menengah. Hasil prediksi bulanan dengan metode Wavelet ini sebagian besar lebih rendah bila dibandingkan dengan data observasinya. Prediksi curah hujan pada musim kemarau (JJA), hasil prediksi bulanan di sebagian besar wilayah Indonesia kategori menengah –

rendah, sedangkan data observasinya menunjukkan kategori rendah untuk Indonesia bagian barat, sedangkan Indonesia bagian timur sebagian ada yang masuk kategori tinggi.

**Validasi.** Gambar 7 menunjukkan hasil validasi metode prediksi yang digambarkan secara spasial. Berdasarkan Gambar 7 secara umum dapat dilihat bahwa Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara mempunyai korelasi lebih tinggi dibanding dengan wilayah lainnya untuk ketiga metode prakiraan (ANFIS, ARIMA, dan Wavelet) yaitu 0.4 hingga 1. Bila dibandingkan antara metode ANFIS, ARIMA dan Wavelet untuk Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara maka metode ANFIS tampak memberikan nilai korelasi yang lebih tinggi dibandingkan ARIMA maupun Wavelet. Untuk ketiga metode Pulau Jawa bagian tengah dan timur memiliki nilai korelasi yang cenderung lebih tinggi dibandingkan wilayah barat Pulau Jawa. Hasil penelitian ini masih menunjukkan hasil yang sama dengan Komalasari, et al [8] yang juga melakukan prediksi dengan menggunakan HyBMG dengan data TRMM yang dibentuk menjadi Zona Musim (ZOM) dalam format dasarian. Hasilnya untuk wilayah Jawa menunjukkan bahwa metode ANFIS bila dibandingkan dengan metode lainnya juga memberikan korelasi tertinggi dengan 72% hit utamanya prediksi pada musim hujan. Namun penelitian yang dilakukan baru titik belum secara spasial. Demikian halnya dengan penelitian Irhamah, et al [9] menunjukkan bahwa metode ANFIS mempunyai performa yang lebih baik dibanding metode lainnya untuk memprediksi curah hujan harian.



Sementara untuk Sumatera ketiga metode memiliki nilai korelasi yang lebih rendah dibandingkan korelasi di Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara yaitu berkisar di angka 0.2 hingga 0.8 dan hanya sebagian kecil di wilayah Selatan Pulau Sumatera yang memiliki korelasi dikisaran 0.8 hingga 1. Bila dibandingkan antar ketiga metode yaitu ANFIS, ARIMA dan Wavelet maka metode ANFIS tampak memberikan nilai korelasi yang lebih tinggi dibandingkan metode ARIMA dan Wavelet. Sedangkan untuk Kalimantan, Sulawesi dan Papua ketiga model tampak belum bisa memberikan hasil yang cukup baik. Hal ini terlihat pada beberapa wilayah yang memberikan nilai korelasi negatif hanya beberapa wilayah di Kalimantan khususnya di Selatan Pulau Kalimantan, Selatan Pulau Sulawesi yang memiliki korelasi positif yaitu diantara 0.2 hingga 0.8.

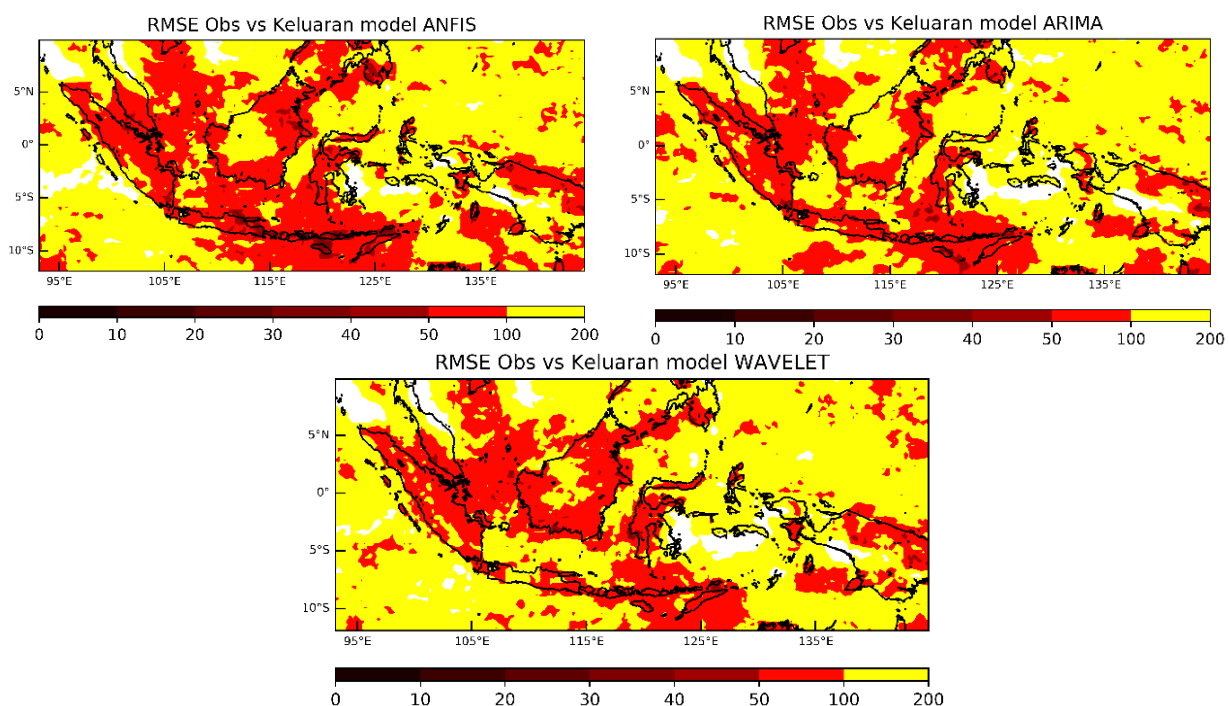
Berdasarkan Gambar 8 nilai RMSE prediksi curah hujan bulanan dengan ke tiga metode di wilayah Indonesia berada 0 hingga 200. Secara umum dapat dilihat bahwa Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara mempunyai RMSE lebih rendah dibanding dengan wilayah lainnya untuk ketiga metode prakiraan (ANFIS, ARIMA, dan Wavelet) artinya model lebih baik dalam memprediksi daerah-daerah Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara.

Selain itu hal lain yang diperoleh pada penelitian ini adalah untuk ketiga metode, Pulau Jawa bagian tengah dan timur memiliki nilai RMSE yang cenderung lebih rendah dibandingkan wilayah barat Pulau Jawa. Sesuai dengan hasil dari nilai korelasi

pada wilayah Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara metode ANFIS tampak memberikan nilai RMSE yang lebih kecil dibandingkan kedua model lainnya sementara untuk daerah Sumatera metode ARIMA tampak lebih baik dengan memberikan RMSE yang lebih rendah dibanding metode ANFIS dan Wavelet. Sementara untuk Pulau Kalimantan Sulawesi dan Papua ketiga metode masih belum memberikan hasil yang cukup baik.

Bila dibandingkan dengan peta pembagian tipe hujan daerah Jawa, Bali dan Nusa Tenggara merupakan wilayah-wilayah dengan tipe hujan monsun. Sementara daerah Kalimantan, Sulawesi dan Papua merupakan wilayah yang didominasi dengan tipe hujan equatorial dan lokal. Dari hasil koefisien korelasi dan RMSE dalam penelitian ini mengindikasikan kemampuan model dalam melakukan prediksi yang cenderung lebih baik pada wilayah-wilayah dengan tipe hujan monsun dibandingkan pada tipe hujan equatorial dan lokal. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali pola monsun dibanding dengan pola lainnya.

Dengan demikian hasil penelitian ini menunjukkan adanya penambahan kemampuan model HyBMG terbaru dalam menghasilkan hasil prediksi multi titik dalam satu waktu. Kemampuan ini membantu parkirawan BMKG untuk menghasilkan prediksi iklim secara cepat untuk banyak lokasi dengan skill prediksi yang sama dengan dengan HyBMG versi sebelumnya [6,7,8,9].



Gambar 8. RMSE dengan GPM

#### 4. Kesimpulan

Data penginderaan jauh dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan. Prediksi curah hujan bulanan menggunakan data TRMM/GPM menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan data observasinya. Berdasarkan nilai korelasi dan RMSE antara hasil prediksi curah hujan bulanan untuk setiap metode prakiraan dengan nilai observasi menunjukkan bahwa untuk wilayah bertipe hujan monsun (Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan sebagian Sumatera) memberikan hasil yang cukup baik, sedangkan untuk sebagian besar wilayah bertipe hujan equatorial dan lokal (Kalimantan, Sulawesi dan Papua) masih belum dapat memberikan hasil yang baik. Untuk wilayah Jawa, Bali dan Nusa Tenggara metode yang lebih sesuai adalah metode ANFIS sementara untuk Pulau Sumatera metode ARIMA lebih baik dibanding ANFIS dan Wavelet.

#### Daftar Pustaka

- [1] Aldrian, E., & Dwi Susanto, R., "Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature", *International Journal of Climatology*, 23(12), pp. 1435-1452, 2003.
- [2] Roswintarti, O., Parwati, S., & Any, Z., "Pemanfaatan Data TRMM Dalam Mendukung Pemantauan Dan Prediksi Curah Hujan Di Indonesia", *Berita Inderaja. Bidang Penyajian Data. Pusat Data Penginderaan Jauh. Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional*, 2009.
- [3] Tan, M. L., & Duan, Z., "Assessment of GPM and TRMM precipitation products over Singapore", *Remote Sensing*, 9(7), pp. 720, 2017
- [4] Syaifullah, M.D., "Validasi Data TRMM Terhadap Data Curah Hujan Aktual Di Tiga DAS di Indonesia", *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(2), 2014.
- [5] Nugroho, Y. N., Ferdi., Wandayantolis, "Verifikasi Data Estimasi Curah Hujan dari Satelit TRMM dan Pos Pengamatan Hujan BMKG di Sulawesi Utara", *Jurnal MIPA UNSRAT* 3(1), 2014.
- [6] Sonjaya, I., Kurniawan, T., Munir, M., & Wiratri, M., Khairullah, "Uji Aplikasi HyBMG Versi 2.0 Untuk Prakiraan Curah Hujan Pola Monsunal Ekuatorial dan Lokal", *Buletin Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 5(3), pp. 323-339, 2009.
- [7] Kadarsah, "Aplikasi ROC untuk uji kehandalan model HyBMG", *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 11(1) pp 32-42, 2010.
- [8] Komalasari, K. E., Fajariana, Y., Nuraini, T. A., & Anggraeni, R., "Aplikasi Metode Ensemble Mean Untuk Meningkatkan Reliabilitas Prediksi HyBMG", *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 17(1), 2016.
- [9] Irhamah, Kuswanto, H., Prayoga, G. S., & Ulama, B. S. S., "Calibrating the Rainfall Forecast of the HyBMG Outputs Using Bayesian Model Averaging: A Case Study", *International Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 53(6), pp. 122-129, 2015.
- [10] Swarinoto, Y. S., Koesmaryono, Y., Aldrian, E., & Wigena, A. H., "Model Sistem Prediksi Ensemble Total Hujan Bulanan Dengan Nilai Pembobot (Kasus Wilayah Kabupaten Indramayu)", *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13(3), 2012.
- [11] W.S. Wei, William., "Time Series Analysis. Departement of Statistics The Fox School of Business and Management Temple University", pp 68 – 86, 2006.
- [12] Jang, J.S.R., "ANFIS: Adaptive-Neural-Network-Based-Fuzzy Inference System", *IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 23 No 3, May/June 1993.
- [13] Daubechies, I., "The wavelet transform, time frequency localization and signal analysis", *IEEE Trans. Information Theory*, 36, 1990.