



Verifikasi Luaran HyBMG saat Kejadian El Niño dan La Niña di Jawa Timur

Verification of HyBMG Outputs during El Niño and La Niña events in East Java

Andang Kurniawan¹, Linda Fitrotul Muzayanah^{1*}, Sudirman²

¹Stasiun Klimatologi Jawa Timur, Malang, 65152

²Stasiun Meteorologi Rahadi Oesman, Ketapang, 78854

*Email: fitrotulinda@gmail.com

Naskah Masuk: 07 Juli 2022 | Naskah Diterima: 24 November 2022 | Naskah Terbit: 31 Desember 2022

Abstrak. Puslitbang BMKG telah mengembangkan model prediksi deret waktu curah hujan berbasis statistik untuk prakiraan iklim sebagai langkah antisipasi dalam meminimalisir dampak bencana hidrometeorologi, baik kekeringan maupun curah hujan tinggi, yaitu Hybrid BMG (HyBMG). Studi ini menguji performa model prediksi HyBMG untuk wilayah Jawa Timur dengan metode verifikasi berdasarkan persentase akurasi dengan pengkategorian curah hujan bulanan menurut SNI 8196:2015. Data yang digunakan adalah data simulasi prakiraan curah hujan bulanan HyBMG yang dijalankan ulang (ARIMA, ANFIS, WAVELET-ARIMA, dan WAVELET-ANFIS) jeda 0 sampai 11 bulan pada 197 pos hujan di Jawa Timur dari Agustus 2010 hingga April 2020. Prakiraan dijalankan ulang setiap terjadi penambahan satu bulan sehingga mendekati simulasi prakiraan operasional. Data observasi yang kosong diisi dengan interpolasi IDW. Selanjutnya, luaran model dianalisis secara temporal pada kondisi Netral, El Niño, dan La Niña. Kondisi ENSO ditentukan menggunakan ONI. Hasil analisis histogram menunjukkan bahwa seluruh metode HyBMG tidak menghasilkan peningkatan verifikasi meski dilakukan pemutakhiran data. Verifikasi ARIMA mencapai rata-rata 60% dengan metode lain bernilai lebih rendah. Secara umum, verifikasi luaran HyBMG untuk fase La Niña di bawah 60% sedangkan untuk fase El Niño hanya ARIMA yang dapat mencapai 60–70%.

Kata Kunci: HyBMG, ENSO, Verifikasi

Abstract. BMKG's Research and Development Center has developed a time series model prediction for climate forecasts as an anticipatory step in minimizing the impact of hydrometeorological disasters, both drought and wet conditions, namely Hybrid BMG (HyBMG). The performance of the HyBMG prediction model for the East Java region is tested using a verification method based on the percentage accuracy of the monthly rainfall categories based on SNI 8196:2015. The data used is the HyBMG monthly rainfall forecast data (ARIMA, ANFIS, WAVELET-ARIMA, and WAVELET-ANFIS) lag 0 to 11 from 197 observation points in East Java from August 2010 to April 2020. New data are added before HyBMG is re-run. The forecasting process is based on a simulation mechanism to copy what really happened at the operational level. Blank data were filled using IDW interpolation. Furthermore, the temporal analysis process is conducted for Neutral, El Niño, and La Niña. ENSO condition determined using ONI. The results of histogram analysis show that all four of the HyBMG methods do not indicate any improvement although updating data is applied. Meanwhile, ARIMA

verification is at an average of 60 % with the other methods being lower than it. Generally, the verification of HyBMG's outputs for La Niña episode is below 60% meanwhile for El Niño episode, only reaches 60–70 %.

Keywords: HyBMG, ENSO, Verification

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang tidak pernah lepas dari dampak fenomena ekstrem global seperti El Niño dan La Niña atau sering disatukan dalam istilah *El Niño Southern Oscillation* (ENSO). El Niño dan La Niña merupakan fenomena atmosfer dalam skala global yang terjadi akibat terjadinya anomali suhu permukaan laut di kawasan tropis Samudera Hindia. Kedua fenomena ini memiliki dampak yang berbeda menurut ruang dan waktu di Indonesia^[1]. Misalnya saat terjadi La Niña yang menandakan suhu permukaan di Pasifik bagian Tengah mengalami pendinginan, beberapa wilayah di Indonesia mengalami peningkatan curah hujan yang dapat memicu bencana hidrometeorologi seperti banjir, tanah longsor dan sebagainya. Demikian pula El Niño telah menyebabkan beberapa wilayah di Indonesia mengalami kekeringan dan kemarau panjang yang berdampak pada kondisi sentra pertanian mengalami gagal panen akibat distribusi curah hujan yang tidak memenuhi kebutuhan tanaman^[2].

Fenomena El Niño yang menarik perhatian berbagai peneliti ilmu atmosfer adalah fenomena El Niño 2015^[3]. El Niño 2015 hampir berdampak penuh di wilayah Indonesia. Hal ini terlihat dari data curah hujan tahunan dari sebagian besar titik pengamatan curah hujan BMKG yang menunjukkan penurunan intensitas curah hujan yang drastis. Analisis curah hujan bulanan tahun 2015 menunjukkan bahwa puncak curah hujan terendah terjadi pada bulan September hingga Oktober 2015 yang menyebabkan kekeringan yang cukup ekstrem selama tahun 2015. Sedangkan wilayah yang mengalami kekeringan terbanyak akibat dampak El Niño 2015 adalah Kalimantan, Sumatera dan Jawa. Secara umum El Niño memiliki siklus kejadian tahunan yang tidak teratur yaitu antara 2 hingga 7 tahun. Selain itu, fenomena El Niño lebih sensitif terhadap efek pada daerah yang memiliki pola curah hujan monsun dan lebih koheren terhadap musim kemarau. Hal ini dikarenakan saat El Niño terjadi, sirkulasi Walker mengalami pelemahan dan suhu permukaan laut Indonesia menjadi dingin.

BMKG merupakan lembaga pemerintah yang bertugas memberikan informasi terkait fenomena atmosfer dan iklim di wilayah Indonesia, selalu mengembangkan sistem prediksinya untuk memberikan informasi awal berupa prediksi cuaca dan iklim. Pusat penelitian dan pengembangan BMKG saat ini telah mengembangkan model prediksi statistik berbasis prakiraan iklim sebagai langkah antisipasi dalam meminimalisir dampak bencana hidrometeorologi, baik kekeringan maupun curah hujan tinggi, yaitu HyBMG. HyBMG merupakan produk pemodelan iklim yang diharapkan baik untuk semua wilayah yang memiliki pola curah hujan monsun, termasuk Jawa Timur. Beberapa studi telah mencoba melakukan verifikasi terhadap HyBMG^{[4] [5] [6]}. BMKG telah mengembangkan HyBMG dengan versi terbaru yaitu HyBMG versi 2.07 dengan fitur-fitur barunya. Tanpa fitur baru HyBMG, ARIMA akan membutuhkan subjektivitas dari operator untuk menentukan parameter PDQ dan metode lainnya^[7].

Uji verifikasi model HyBMG versi 2.07 masih sangat minim menggunakan data yang panjang dan melibatkan seluruh sistem jeda (*lag system*). Penggunaan data observasi langsung sejauh ini belum dijadikan bahan verifikasi untuk kondisi ekstrem seperti saat El Niño dan La Niña. Berangkat dari kondisi tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan verifikasi model HyBMG versi 2.07 di Jawa Timur. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan oleh para prakirawan dalam kondisi terjadi El Niño atau La Niña.



Metodologi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan bulanan dari 197 pos hujan utama di Jawa Timur periode Januari 1991 sampai April 2020. Curah hujan di 197 titik pengamatan (tergambar di Gambar 6) digunakan sebagai bahan interpolasi untuk informasi curah hujan bulanan di Jawa Timur^[8]. Data observasi yang kosong diisi dengan menggunakan metode interpolasi, dalam hal ini digunakan *Inverse Distance Weighting* (IDW) karena lebih unggul dari *Spline*^[9]. Interpolasi IDW merupakan metode interpolasi yang mengisi data kosong dari perhitungan nilai titik terdekat dari titik acuan. Rumus IDW dapat dilihat pada penelitian sebelumnya^[10]. Parameter IDW yang digunakan adalah tetangga terdekat (N) = 12 dan daya (P) = 2. Perangkat lunak R yang digunakan untuk pemrosesan dalam penelitian ini^[11]. Paket raster digunakan untuk mengaktifkan perhitungan raster dan memungkinkan ekstraksi hasil interpolasi untuk pengisian data kosong^[12]. Setelah hasil interpolasi diekstrak untuk mengisi data yang kosong, maka dilakukan proses *running* menggunakan HyBMG 2.07.

Metode verifikasi dilakukan dengan menggunakan tabel kontingensi pada Tabel 1 dengan prinsip kesesuaian berdasarkan 9 kategori kelompok data seperti produk prediksi curah hujan BMKG. Di level operasional, pertanyaan utama tentang prediksi adalah berapa persen prediksi yang tepat, sehingga dalam penelitian ini kami menggunakan verifikasi biner. Verifikasi yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada tabel kontingensi^[13]. Tabel kontingensi membutuhkan kategori. Kategori yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) informasi curah hujan bulanan^[14]. Penyesuaian Proporsi Benar atau disebut “Sesuai Prakiraan” digunakan dalam penelitian ini. Toleransi yang digunakan yaitu kategori tunggal atas dan atau bawah. Verifikasi ini didasarkan pada prinsip perbedaan informasi prakiraan dan observasi yang dianggap masih cukup layak^[15].

Tabel 1. Kategori Curah Hujan Bulanan BMKG

Curah Hujan	Kategori
< 20 mm	1
20 – 50 mm	2
50 – 100 mm	3
100 – 150 mm	4
150 – 200 mm	5
200 – 300 mm	6
300 – 400 mm	7
400 – 500 mm	8
> 500 mm	9

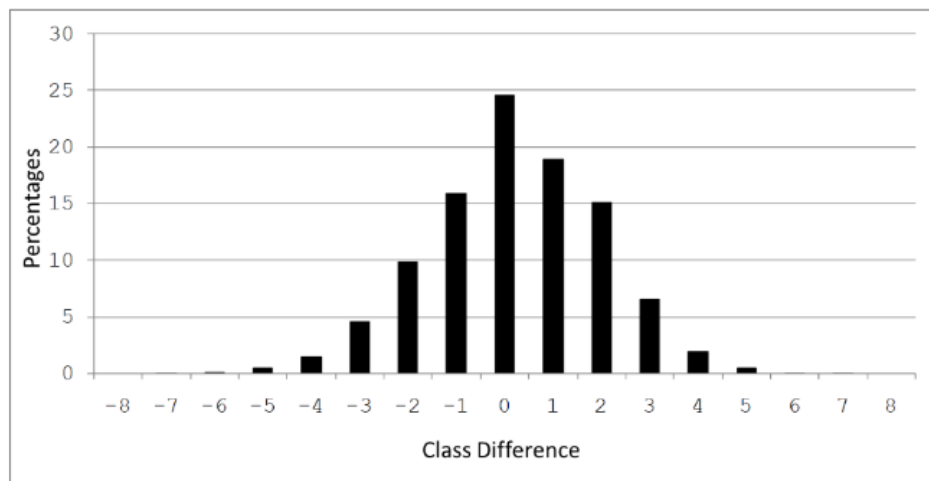
Proses prediksi dilakukan berdasarkan simulasi sehingga setiap kali menambah data satu bulan, kemudian diproses lagi, misalnya prediksi pertama Agustus 2010, bahan prediksi dimulai dari Juli 2010 hingga Januari 1991 dan begitu juga untuk prediksi September 2010, bahan prediksi bulan Agustus 2010 sampai Januari 1991. Artinya, setiap kali memprediksi satu bulan selalu ditambah bulan terbaru dan seterusnya, atau dengan kata lain setiap membuat prediksi akan menambahkan 1 bulan terakhir. Rentang data yang digunakan sebagai masa uji (*testing period*) adalah Agustus 2010 hingga April 2020 sehingga pada penelitian ini HyBMG dijalankan 117 kali dengan jeda 0 sampai jeda 11 bulan. Proses dilakukan menggunakan HyBMG 2.07 dengan sedikit modifikasi *script*.

Setelah itu dilakukan analisis komposit berdasarkan ENSO yakni dengan memisahkan data menjadi tiga kelompok yaitu El Niño, La Niña, dan Netral. Metode ini setidaknya memberikan kemudahan interpretasi^[16]. Kemudian hasil analisis ditampilkan ke dalam boxplot komposit untuk memudahkan pencarian pola apapun^[17]. Sedangkan indeks ENSO yang digunakan adalah *Oceanic Niño Index* (ONI) yang dihitung berdasarkan *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature* Versi 5 (ERSST.v5) dari wilayah Niño3.4 (5N–5S, 120–170W)^[18]. Bila nilai ONI berada pada kisaran –0,5 sampai 0,5 dianggap fase netral, apabila di bawah –0,5 dalam lima kali berturut–turut dianggap fase La Niña sedangkan sebaliknya jika di atas 0,5 dianggap fase El Niño.



Hasil dan Pembahasan

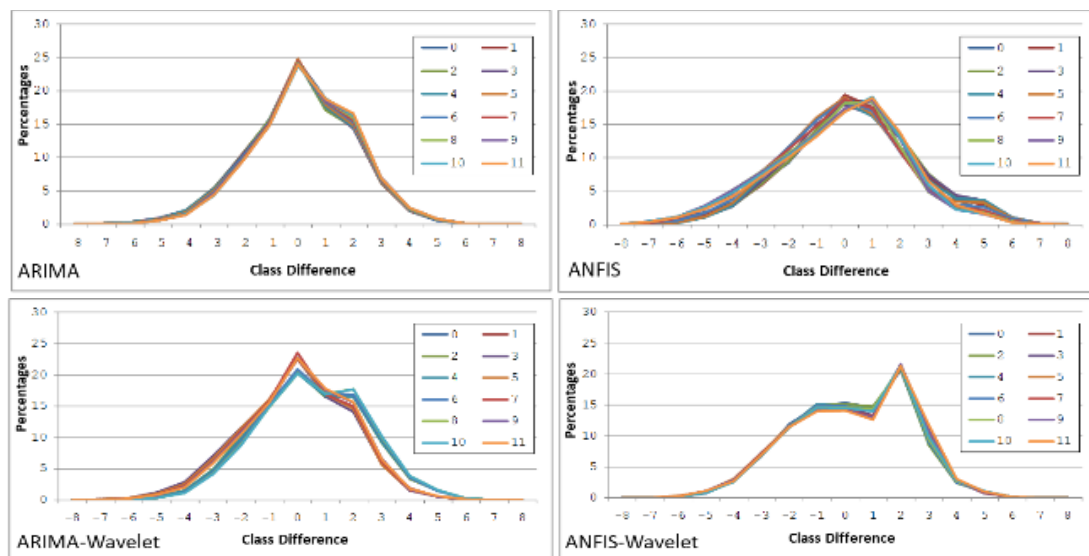
Dalam melakukan verifikasi model prakiraan, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi kondisi hasil prakiraan terhadap hasil pengamatan. Data yang terbentuk pada 9 kategori dari 197 titik data pos hujan dikumpulkan menjadi satu, baik pengamatan maupun prakiraan kemudian diselisihkan antara kategori curah hujan bulanan prakiraan dan kategori curah hujan, setelah itu disajikan dalam bentuk histogram. Sehingga diperoleh data awal hasil selisih kategori antara observasi dan prakiraan sebagai berikut:



Gambar 1. Histogram Perbedaan Kategori Prakiraan dan Observasi

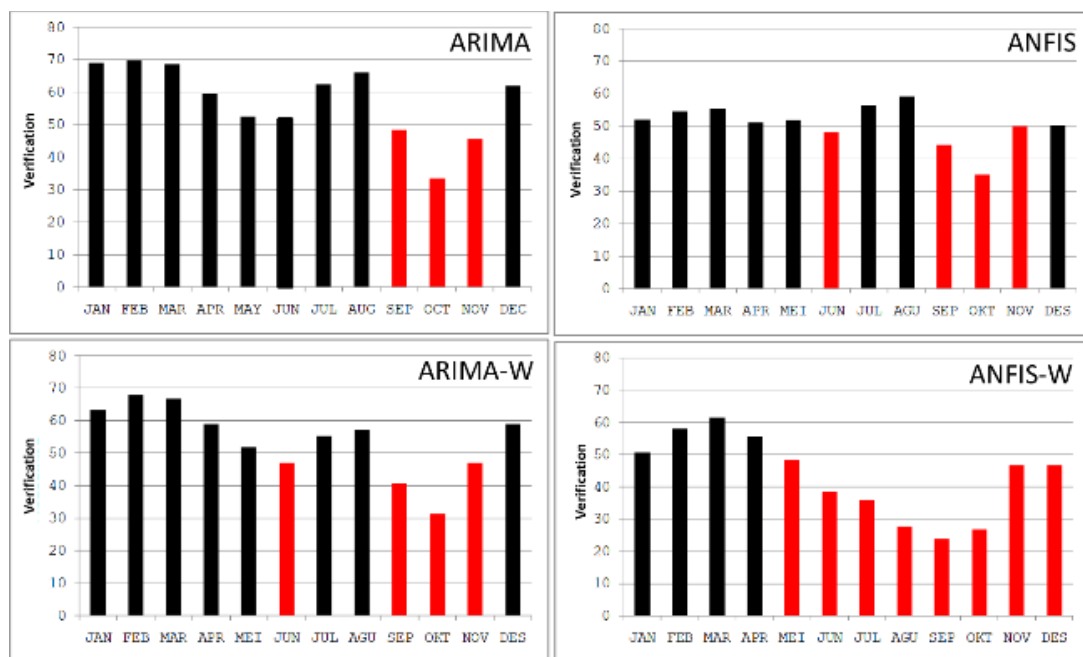
Gambar 1 merupakan histogram dari selisih kategori antara prakiraan curah hujan ARIMA pada jeda 1 dengan nilai observasi dari seluruh titik dan seluruh waktu yang ada. Dari histogram di atas dapat diketahui secara umum hanya 25% atau satu per empat prakiraan ARIMA yang tepat dan 55% (25%+30%) prakiraan yang masuk dalam kondisi sesuai (rentang selisih 1 kategori). Model HyBMG yang digunakan dalam penelitian ini dikaji dalam kerangka kerja jeda 0 sampai jeda 11, maka untuk mempermudah penyajian, histogram batang ditransformasikan menjadi histogram garis. Hal ini bertujuan untuk mengetahui verifikasi pada setiap sistem jeda model HyBMG. Pertanyaan yang coba dijawab adalah apakah hasil model HyBMG yang dijalankan dengan bermodal data yang lebih mutakhir menghasilkan prakiraan dengan verifikasi lebih baik.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa secara umum sistem jeda HyBMG untuk semua metode menunjukkan hasil yang kurang baik. Hal ini dikarenakan perubahan selisih kategori antara jeda 0 dengan jeda 1 hingga jeda 11 menunjukkan distribusi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa hasil prediksi antara jeda 0 dan jeda 1 hingga jeda bulan ke – 11 memiliki nilai prediksi yang identik sehingga tidak menunjukkan adanya perubahan dan perbaikan verifikasi karena penambahan data yang mutakhir. Artinya, nilai prediksi yang dikeluarkan oleh HyBMG 11 bulan sebelum bulan A diprediksi, jika dibandingkan dengan nilai prediksi HyBMG 1 bulan sebelum bulan A tidaklah terlalu berbeda. Padahal seharusnya, semakin dekat suatu prediksi dengan observasi, hasil verifikasi mengalami kenaikan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa sistem jeda yang terdapat pada HyBMG pada dasarnya tidak terlalu berpengaruh dalam prediksi.



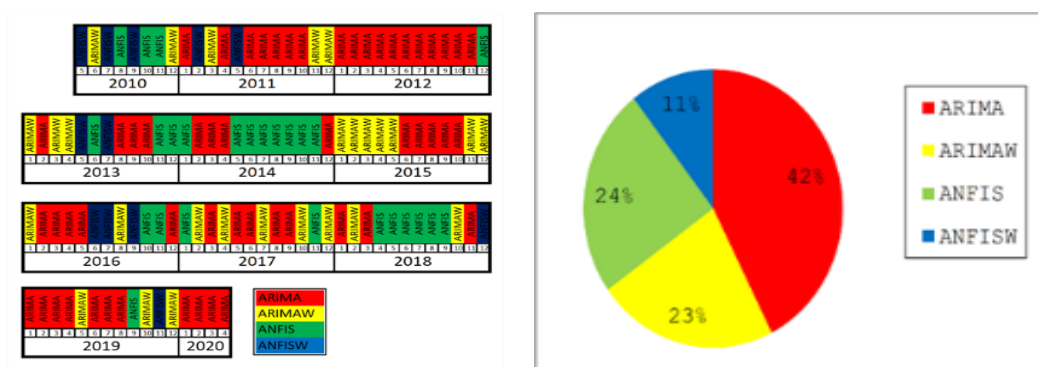
Gambar 2. Histogram dari Semua Jeda dengan 4 Metode

Sedangkan untuk mengetahui verifikasi kinerja model HyBMG dalam membuat prediksi bulanan berdasarkan rata – rata bulanan Januari, Februari, sampai dengan Desember dapat dilihat pada grafik dan deskripsi berikut:



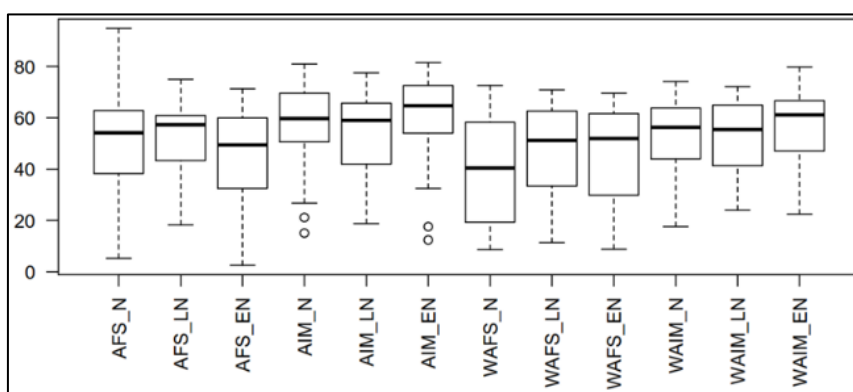
Gambar 3. Verifikasi Bulanan (warna merah < 50%)

Dengan memperhatikan Gambar 3, terlihat bahwa verifikasi bulanan HyBMG menggunakan metode ARIMA, ANFIS dan ARIMA–WAVELET secara umum menunjukkan verifikasi selama periode Januari hingga Mei lebih baik (>50%). Hal ini ditunjukkan dengan kisaran persentase nilai verifikasi pada kisaran 50% – 70%. Sedangkan dengan menggunakan metode verifikasi ANFIS–WAVELET, hasil persentase verifikasi umumnya di bawah nilai 50%. Selain itu, dari Gambar 3 terlihat bahwa secara umum verifikasi bulanan semua metode HyBMG hasilnya rendah untuk periode September hingga November. Metode terbaik tiap bulan selama rentang periode uji dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Satu Model HyBMG Terbaik selama Mei 2010 – April 2020

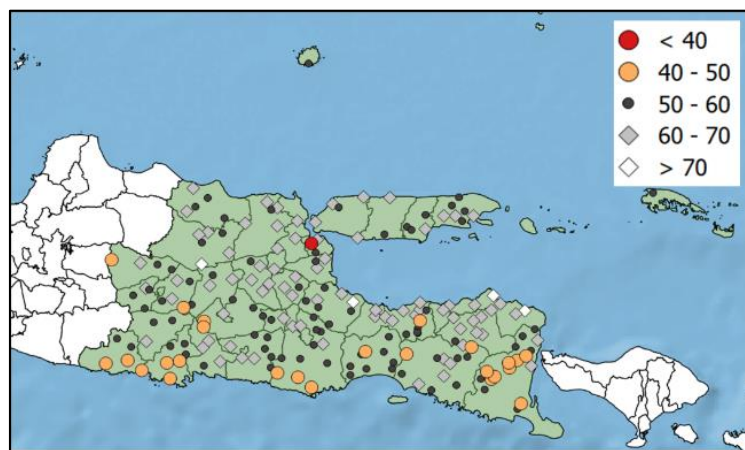
Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa kondisi verifikasi model HyBMG dari waktu ke waktu sepanjang periode April 2010 hingga April 2020, metode verifikasi yang terbaik adalah metode ARIMA dan WAVELET-ARIMA. Persentase metode terbaik yang diterapkan menunjukkan bahwa metode ARIMA memiliki nilai persentase tertinggi di antara metode lainnya. Hal ini terlihat pada diagram lingkaran yang menunjukkan nilai 42% diikuti dengan metode ARIMA – WAVELET dan ANFIS, sehingga dapat dikatakan bahwa metode ARIMA model HyBMG secara umum memiliki performa yang terbaik. Sementara itu untuk mengetahui verifikasi prakiraan HyBMG berdasarkan kejadian ENSO dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut. Untuk kemudahan dalam pembuatan grafik ANFIS disingkat menjadi “AFS”, ARIMA menjadi “AIM”, El Niño menjadi “_EN”, La Niña menjadi “_LN”, dan Netral menjadi “_N”. Awalan “W” menunjukkan metode tersebut menggunakan WAVELET.



Gambar 5. Boxplot Verifikasi berdasarkan Kondisi ENSO
(sumbu y menunjukkan persentase verifikasi)

Dari Gambar 5 terlihat bahwa metode ANFIS akan menunjukkan hasil prediksi yang relatif lebih baik pada saat fenomena La Niña terjadi, sedangkan pada saat El Niño menunjukkan hasil prediksi kinerja yang kurang baik, dan pada saat kondisi netral menunjukkan kinerja yang fluktuatif. Metode ARIMA dalam melakukan prediksi akan cenderung baik untuk semua kondisi karena hasil median persentase verifikasi berada pada rentang nilai 60% hingga 70% dan kondisi terbaik terjadi pada saat El Niño. Dan secara umum dari gambar diatas, metode dengan verifikasi terbaik adalah metode ARIMA untuk semua kondisi karena persentase nilai verifikasi diatas 60%. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode HyBMG yang dapat digunakan dalam pertimbangan memprediksi curah hujan untuk wilayah Jawa Timur pada saat terjadinya fenomena ENSO hanya ARIMA. Namun diketahui bahwa nilai verifikasi HyBMG ARIMA hanya memiliki nilai rentang median antara 60%. Secara umum, hasil verifikasi HyBMG sebagai model statistik lebih rendah dari model dinamis ECWMF^[19].

Berdasarkan hasil uraian di atas yang menunjukkan bahwa metode ARIMA adalah yang paling baik dalam melakukan prediksi maka pemetaan nilai verifikasi secara spasial dapat didasarkan pada HyBMG ARIMA. Pemetaan dilakukan menggunakan piranti lunak QGIS ^[20] sehingga didapatkan gambar berikut.



Gambar 6. Sebaran Persentase Kesesuaian ARIMA periode Mei 2010 – April 2020

Dari Gambar 6, dapat dilihat verifikasi yang relatif baik secara umum tersebar di bagian tengah ke utara Jawa Timur, sedangkan bagian selatan Jawa Timur umumnya menunjukkan kondisi verifikasi buruk. Hal ini dapat dilihat dari nilai verifikasi pada bagian selatan Jawa Timur di antara 40% – 50%, sedangkan untuk wilayah utara ke tengah Jawa Timur nilai verifikasi di atas 60%. Berdasarkan pengalaman penulis yang juga merupakan prakirawan, rendahnya verifikasi di bagian selatan Jawa Timur diakibatkan oleh variabilitas curah hujan bulanan yang lebih tinggi.

Kesimpulan

Sistem jeda HyBMG menunjukkan hasil verifikasi yang tidak terlalu baik karena tidak adanya perbedaan antara jeda yang satu dengan yang lainnya. Pemutakhiran data tidak memperbaiki kualitas prediksi HyBMG. Metode terbaik untuk memprediksi curah hujan bulanan untuk wilayah Jawa Timur pada periode penelitian Mei 2010 – April 2020 adalah metode ARIMA. Hal ini dikarenakan metode ARIMA menunjukkan hasil verifikasi di atas 60% atau nilai verifikasi tertinggi dibandingkan metode lainnya (ANFIS, WAVELET-ARIMA, dan WAVELET-ANFIS) dengan kondisi verifikasi terbaik yang terjadi pada saat fenomena El Niño. Namun perlu diperhatikan karena nilai verifikasi masih berada pada kisaran 60%, maka para prakirawan diharapkan tetap berhati-hati dalam menggunakan luaran HyBMG, terutama saat fenomena La Niña terjadi atau untuk wilayah sekitar pesisir selatan Jawa Timur.

Daftar Pustaka

- [1] Supari dkk 2017 *Climate Dynamics* s00382–017–4028–8.
- [2] Susilo G E, S Syafrudin, dan S Hariany 2016 Extreme El–Niño resilience: sebuah tantangan yang harus diselesaikan in Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI) XXXIII 25–27 Nov 2016 Semarang.
- [3] Supari, R Muharsyah dan N Wahyuni 2016 *Sci. J. of PPI–UKM3* 26–31.
- [4] Komalasari K E, Y Fajariana, T A Nuraini dan R Anggraeni 2016 *J. Met.dan Geo.* 17 47–52.
- [5] Nuraini T A, D E Nuryanto, K E Komalasari, R Satyaningsih, Y Fajariana, R Anggraeni dan A Sopaheluwakan 2019 *J. Met. dan Geo.* 20 101 – 112.
- [6] Kadarsah 2010 *J. Met. dan Geo.* 11 33–43.
- [7] M Sidiq 2018 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 407 012154.

- [8] Kurniawan A dan D Tarmana 2019 *J. Met. Klim. dan Geo.* 5 40–48.
- [9] Hanif K, E Aprilia, J B Utomo, A Kurniawan dan A Safril 2018 *Pros. Sem. Nas. Geotik.* Vol 2, Ed B Murtiyasa et al (Surakarta :University Muhammadiyah Surakarta) pp 213–220.
- [10] Giarno, D Didiharyono, A A Fisur dan A Mattingaragau 2020 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 469 012003.
- [11] R Core Team 2020 *R: A language and environment for statistical computing* (Vienna: R Foundation).
- [12] Hijmans R J dkk 2020 *Geographic Data Analysis and Modeling* (CRAN/raster).
- [13] Muharsyah R 2017 *J. Met.dan Geo.* 18 33–44.
- [14] BSN–Indonesia National Standard Agency 2015 *SNI 8196:2015 Spesifikasi Penyajian Curah Hujan* (Jakarta: BSN).
- [15] BMKG 2013 *Buku Verifikasi Prakiraan Iklim Indonesia* (Jakarta: BMKG).
- [16] Shaman J 2014 *J. Clim.* 27 6423–38.
- [17] Wilks D S 2006 *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (London: Academic Press).
- [18] Huang B, P W Thorne, V F Banzon, T Boyer, G Chepurin, J H Lawrimore, M J Menne, T M Smith, R S Vose dan H M Zhang 2017 *J. Clim.* 30 8179–8205.
- [19] Rafi A M dkk 2022 *Jurnal Meteorologi Klimatologi Special Issue: The 2nd International Conference on Tropical Meteorology and Atmospheric Science 2021* 21–24.
- [20] QGIS Development Team 2009 *QGIS Geographic Information System Open Source (Geospatial Foundation)* <http://qgis.org>.

