



Vol. 13, No.1 – April 2022

Diterbitkan Oleh

Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

Jl. Raya Bukittinggi-Medan Km.17 Palupuh, Sumatera Barat

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB

Sugeng Nugroho, M.Si

REDAKTUR KEPALA

Reza Mahdi, ST, MM

REDAKTUR

Darmadi, ST

REVIEWER

Prof. Vera Bachtiar

Dr. Ardhasena Sopaheluwakan

Dr. Donaldi Permana

Supari, PhD

Dr. Supriadi Rohadi

Dr. Erwin Syah Makmur

Dr. Nofi Yetri Sudiar

Dr. Marzuki

Dr. Didin Agustan Permadi

Dr. Ahmad Faqiq

Dr. Perdinan

Dr. Deni Okta Lestari

Dr. Eng. Indra Chandra

Dr. Hamdi Rivai

Dr. Fajar Gumbira

Alberth Christian Nahas, MCC, P.hD

Dr. Ida Pramuwardani

EDITOR

Andi Sulistiyono, S.Si

Dodi Saputra, S.Si

Tanti Tritama Okaem, S.Si

Ikhsan Buyung Arifin, S.Tr

DESAIN GRAFIS DAN FOTOGRAFER

Rinaldi, A.Md

Dhiyaul Qalbi Syofyan, S.Tr

Soni Miftah Pratama, S.Tr

SEKRETARIAT

Diko Revano Umbara, SE

Fajri Zulgino, S.T

Rendi Septa Davi, S.Tr

Dwiky Pujo Pratama, S.Tr

Quartha Rivaldo, S.Tr

Ibrahim

MEGASAINS

MEGASAINS merupakan buletin yang diterbitkan oleh Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang sebagai media penerbitan Karya Tulis ilmiah (KTI) yang bersumber dari kegiatan penelitian berbasis ilmu-ilmu Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, dan Geofisika (MKKuG), serta Lingkungan.

Dewan Redaksi membuka kesempatan bagi para pakar ataupun praktisi untuk dapat mengirimkan naskah KTI, terutama yang berkaitan dengan fokus utama dari Buletin MEGASAINS.

Naskah KTI yang dikirimkan hendaknya asli dan belum pernah dipublikasikan. Naskah diketik dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Word* dengan ketentuan panjang naskah maksimal 8 halaman pada kertas ukuran A4; dengan margin atas, bawah, kiri, dan kanan 2.5 cm; dua kolom; font Arial. Judul ditulis menggunakan font 14 pts, rata kiri, spasi tunggal, huruf kapital dan cetak tebal, isi ditulis menggunakan font 10 pts, rata kiri-kanan dan spasi tunggal, tulisan disertai dengan abstrak sepanjang satu alinea, dicetak dengan font 10 pts, spasi tunggal dan disertai dengan 2-5 kata kunci.

Dewan Redaksi berhak mengubah isi naskah sepanjang tidak mengubah substansinya. Isi naskah adalah sepenuhnya tanggung jawab penulis. Pemilihan naskah yang layak cetak adalah sepenuhnya hak Dewan Redaksi.

Informasi lebih lanjut dan pengiriman naskah tulisan dapat mengunjungi portal:
<https://megasains.gawbkt.id>.

-halaman ini sengaja dikosongkan-

Pengantar Redaksi

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kami ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan izin-Nya lah Jurnal Megasains Volume 13 No. 1 tahun 2022 ini dapat terbit sebagaimana yang diharapkan.

Jurnal Megasains didedikasikan oleh Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang sebagai sarana penerbitan karya ilmiah yang bersumber dari kegiatan penelitian berbasis ilmu-ilmu Meteorologi, Klimatologi, Kualitas udara dan Geofisika (MKKuG), serta Lingkungan. Jurnal ini diterbitkan setahun dua kali guna memberikan kesempatan bagi penulis-penulis berbakat untuk berkontribusi.

Mulai Volume 10 No 2 tahun 2019 kami sudah menerapkan sistem jurnal online yang memudahkan para penulis untuk mengirim naskahnya, kemudian memantau progress review hingga kemudian mendapat notifikasi diterima atau harus diperbaiki. Dari sisi Redaksi dan Mitra Bestari selaku tim *review* dapat memberi notifikasi semua proses penerimaan naskah hingga kemudian terbit.

Akhir kata, semoga jurnal ini dapat memberikan manfaat kepada khalayak ramai dalam bagian usaha bersama untuk mencerdaskan bangsa. Kami ucapkan terima kasih kepada para penulis. Tim reviewer dan Tim Redaksi yang telah bekerja keras demi terbitnya Volume 13 No.1 tahun 2022 ini.

Sekian, wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bukit Kototabang, Juni 2022

Daftar KTI

	Halaman
PREDIKSI CURAH HUJAN BULANAN MENGGUNAKAN MULTI PREDIKTOR DI ZOM 313 SULAWESI TENGGARA Adlian Afa Annie, Wenas Ganda Kurnia	1-5
EVALUASI DATA GPM-IMERG (GLOBAL PRECIPITATION MEASUREMENT - INTEGRATED MULTI-SATELLITE RETRIEVAL FOR GPM) DI PROVINSI NTB Imam Kurniawan, Made Dwi Jendra	6-13
ANALISIS TINGKAT KENYAMAN TERMAL DI KOTA PALEMBANG BERDASARKAN INDEX THI (TEMPERATURE HUMIDITY INDEX) Shelin Melinda, Nuryanto, Budi Satria	14-18
ESTIMASI MODEL PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM UNTUK SUMBER GEMPABUMI DI <i>INTERFACE</i> DAN <i>INTRA-SLAB</i> SUBDUKSI UNTUK JENIS TANAH LUNAK DI KOTA PADANG MENGGUNAKAN MODEL ATTENUASI LIN DAN LEE Furqon Dawam Raharjo, Angga Wijaya	19-23
ANALISIS PROYEKSI CURAH HUJAN TAHUNAN (2016-2040) MENGGUNAKAN SKENARIO RCP4.5 DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT Haris Munandar Gultom	24-30
PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENGUKURAN KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN SENSOR PMS7003 Tanti Tritama Okaem, Yohandri, Nofi Yendri Sudiar, Hamdi	31-38

PREDIKSI CURAH HUJAN BULANAN MENGGUNAKAN MULTI PREDIKTOR DI ZOM 313 SULAWESI TENGGARA

MONTHLY RAINFALL FORECAST USING MULTY PREDICTORS FOR SEASON ZONE 313 SOUTH EAST SULAWESI

Adlian Afa Annie¹, Wenas Ganda Kurnia^{2*}

¹Stasiun Klimatologi Konawe Selatan

²stasiun Meteorologi Tuban

*E-mail: wenasbmg@gmail.com

Naskah masuk: 1 Februari 2021 Naskah diperbaiki: 15 Maret 2021 Naskah diterima: 21 Juni 2022

ABSTRAK

Prediksi curah hujan merupakan aspek penting dalam peningkatan informasi cuaca dan iklim. Hujan menjadi bagian dari siklus hidrologi yang dipicu oleh perubahan parameter cuaca yang bersinergi. Hubungan antar paramer ini sebagai dasar pembuatan model berbasis data Global Circulation Model yang diolah untuk memperkirakan curah hujan di suatu daerah. Wilayah kendari (ZOM 313) belum mendapatkan metode yang paling baik dalam memprediksi curah hujan bulanan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi linier berganda dengan prediktor anomali suhu muka laut (SST), tekanan permukaan laut (SLP) dan angin zonal yang diolah berdasarkan time lag 0 bulan hingga time lag 3 bulan. Hasil yang diperoleh, hubungan antara prediktor anomali suhu muka laut, tekanan permukaan laut, dan angin zonal terhadap anomali curah hujan di ZOM 313 sangat signifikan hal ini ditunjukkan dengan nilai korelasi yang bervariasi setiap bulannya. Model persamaan prediksi curah hujan yang dibangun menggunakan prediktor dengan *time lag* 0 bulan memiliki performa yang lebih baik digunakan dari bulan Desember hingga Agustus. Sedangkan bulan September dan November menggunakan model *time lag* 3 bulan. Bulan September dan bulan Oktober memiliki nilai korelasi yang paling besar dan nilai RMSE yang paling kecil.

Kata kunci: curah hujan, regresi berganda, *time lag*

ABSTRACT

Rainfall prediction is an important aspect in improving weather and climate information. Rain becomes part of the hydrologic cycle are triggered by changes in weather parameters that synergy. Relations between parameters this as the basis for model creation based Global Circulation Model data is processed to estimate rainfall in an area. Kendari region (Season Zone 313) do not get the best method for predicting the monthly rainfall. The method used in this research is multiple linear regression predictor anomaly sea surface temperatures (SST), sea level pressure (SLP) and the zonal wind is processed by the time lag of 0 months to time lag 3 month. The results obtained, the relationship between predictors of sea surface temperature anomaly, sea surface pressure, and zonal winds to rainfall anomaly in ZOM 313 is very significant, this is indicated by the correlation value that varies every month. The rainfall prediction equation model built using a predictor with a time lag of 0 months has a better performance in use from December to August. Meanwhile, the months of September and November use the 3 month time lag model.

Keywords: rainfall, multiple regression, time lag

1. Pendahuluan

Prediksi curah hujan merupakan aspek penting dalam peningkatan informasi cuaca dan iklim. Hujan yang menjadi bagian dari siklus hidrologi yang dipicu oleh adanya perubahan dari parameter cuaca, Adapun keadaan cuaca di Indonesia dipengaruhi oleh adanya pergerakan massa udara akibat perbedaan tekanan di benua Asia dan benua Australia [1].

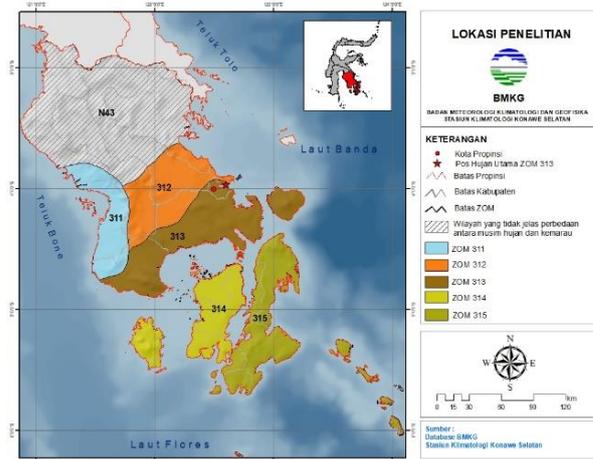
Percampuran lautan dan daratan di Indonesia menyebabkan munculnya variasi iklim lokal yang besar. Fenomena hujan dipengaruhi fenomena EL Nino, La Nina di samudera Pasifik dan Dipole Mode (+) atau (-) di Samudera Hindia yang penurunan curah hujan dan meningkatkan jumlah curah hujan [2].

Adanya pengaruh tadi juga dipengaruhi oleh SST lokal di sekitar untuk wilayah bagian selatan ekuator dari Sumatera sampai Nusa Tenggara Timur di Maluku [3] tidak itu saja pengaruh tekanan permukaan laut juga mempengaruhi awal musim hujan [4]. Wilayah Indonesia menerima energi matahari dalam jumlah besar maka terjadi konveksi kuat menyebabkan sirkulasi lokal yang disebabkan sirkulasi atmosfer zonal yang disebut sirkulasi Walker [5]. Sirkulasi ini mempengaruhi angin monsoon musim semi dan dingin di wilayah ekuatorial, ketika musim dingin sirkulasi Walker mendominasi dibandingkan angin monsoon [6].

Dalam melakukan pemodelan curah hujan bulanan yang secara konstan menggunakan karakteristik unsur lokal iklim dan global dapat disusun dengan memperhatikan korelasi tertunda (*lag*) [7]. Hasil dari korelasi antara beberapa prediktor dan curah hujan bulanan menghasilkan nilai yang bervariasi yang menunjukkan baik dan tidaknya model prediksi [8]. dengan menggunakan model statistik diharapkan mampu memprediksi dan mengurangi fenomena klimatologis berdasarkan karakteristik statistik untuk memprediksi target dan prediktor[7].

Dengan menggunakan prediktor suhu muka laut menunjukkan hasil yang baik untuk prediksi curah hujan di wilayah Sulawesi Selatan [9]. Prediksi awal musim hujan (AMH) memanfaatkan data model ITACS dari JMA untuk Mataram NTB menggunakan prediktor suhu muka laut, tekanan, Outgoing Longwave Radiation, Indeks SOI dan Indeks Nino west [4]. Metode yang dipergunakan yaitu metode regresi

linier berganda (multiple regresi) dan regresi bertatar (stepwise regresi) menghasilkan prediksi yang baik. Analisis Komponen Utama yang dibentuk dari waktu tunda (time lag) 1 dan 2 bulan memiliki hasil waktu tunda 1 bulan nilai kesalahan yang rendah dibandingkan waktu tunda 2 bulan [9].



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

Penelitian ini bertujuan memprediksi curah hujan bulanan terutama wilayah Kendari (ZOM 313) Sulawesi Tenggara dengan prediktor anomali suhu muka laut, tekanan permukaan laut dan angin zonal di Samudera Hindia, Samudera Pasifik dan perairan Indonesia menggunakan metode regresi berganda di dengan waktu tunda (time lag) 0 bulan sampai 3 bulan dalam memprakirakan curah hujan setiap bulannya. Diharapkan dari penelitian dapat diketahui hubungan antara prediktor terhadap lokasi penelitian dan meningkatkan akurasi prakiraan dengan membatasi masalah hanya sebatas menemukan dan melakukan memperhitungkan secara statistik pada lokasi penelitian. Serta menjadi sumbangan berharga bagi perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya serta BMKG pada khususnya.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data prediktor dan data prediktor. Data tersebut dibagi menjadi dua periode yaitu periode tahun 1976-2004 untuk data yang dibentuk persamaan atau data training dan data tahun 2005-2015 untuk verifikasi hasil prediksi.

Data prediktor berupa data jumlah curah hujan setiap bulannya pada ZOM 313. ZOM 313 terdiri dari 1 pos hujan yaitu pos hujan utama Stasiun

Meteorologi Maritim Kendari. Dari data tersebut akan diketahui pola normal musim hujan dan kemarau. Berdasarkan ketentuan BMKG musim kemarau ditandai dengan curah hujan di bawah 150 mm/bulan diikuti bulan berikutnya dan musim hujan ditandai dengan curah hujan sama atau lebih besar 150 mm/bulan diikuti bulan berikutnya. Sehingga musim kemarau terjadi pada bulan Agustus hingga November dan musim hujan terjadi bulan Desember hingga Juli untuk wilayah ZOM 313.

Data prediktor adalah anomali suhu muka laut (SST), anomali tekanan permukaan laut (SLP) dan angin zonal 850 mb yang di unduh dari Japan Meteorological Agency (JMA) melalui website

<http://extreme.kishou.go.jp/itacs5/> periode 1976-2015 dengan sebaran data sekitar wilayah Indonesia, Samudera Hindia, dan Samudera Pasifik yaitu 20° LS - 30° LU dan 40° BT - 100° BB dengan resolusi *grid* sebesar 1.25° x 1.25° . Kemudian data prediktor dikorelasikan dengan data curah hujan tiap bulan pada ZOM 313 periode 1998–2010.

Hasil korelasi dalam bentuk spasial melalui ITACS dari JMA. Selanjutnya domain yang dipergunakan merupakan wilayah *grid* yang berkorelasi tinggi terhadap respon sebagai lokasi *grid* terpilih [8]. Lokasi *grid* terpilih merupakan lokasi yang berkorelasi positif dan negatif terbesar, Rumus korelasi Pearson sebagai berikut [11]:

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (1)$$

Nilai r merupakan koefisien korelasi antara X (anomali curah hujan) terhadap Y (data prediktor) dan n banyak data.

Pembentukan prediksi curah hujan bulanan dengan menyusun persamaan metode regresi berganda dari data prediktor [12] pada lokasi *grid* terpilih, sebagai berikut :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \dots + b_nx_n \quad (2)$$

Nilai Y adalah variabel prediktan; a adalah konstanta; b_1, b_2, b_3, b_n adalah koefisien variabel x_1, x_2, x_3, x_n adalah variabel prediktor, dan n adalah jumlah variabel prediktor [12].

Validasi prediksi menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) dan koefisien korelasi. RMSE merupakan akar dari rata-rata kuadrat *error*. Metode ini dipergunakan untuk mengetahui besarnya penyimpangan hasil prediksi terhadap data observasinya [13].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (3)$$

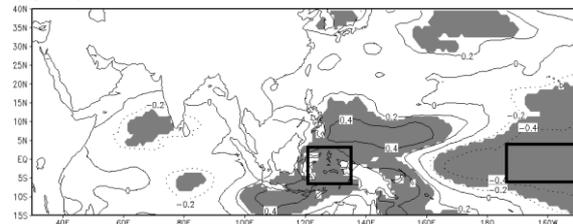
Nilai P_i adalah hasil keluaran model pada periode ke- i , O_i adalah curah hujan observasi pada periode ke- i , i adalah 1, 2, ..., n dan n adalah jumlah periode data. Metode koefisien korelasi (r) digunakan untuk mengetahui hubungan antara curah hujan dengan hasil keluaran model *time lag* 0 bulan, 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan.

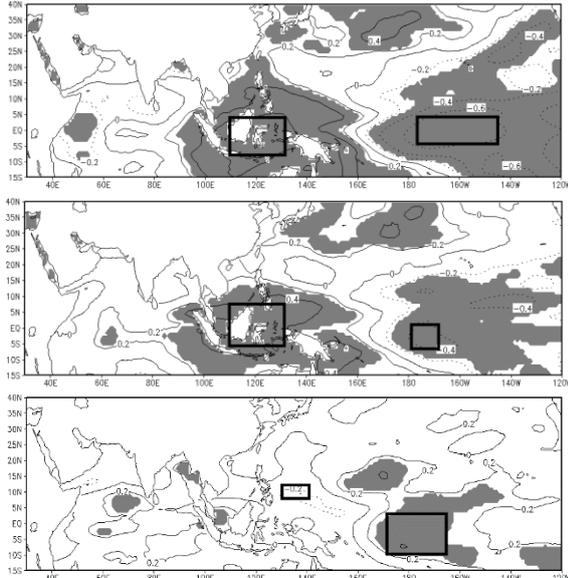
Langkah awal penelitian ini dengan mencari lokasi *grid* terpilih dengan mengkorelasikan curah hujan bulan terhadap anomali suhu muka laut, tekanan permukaan laut dan angin zonal untuk *time lag* 0 bulan, 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan setiap bulannya. menggunakan *software Interactive Tool for Analysis of Climate System* (ITACS) dari JMA dan diolah melalui website <http://extreme.kishou.go.jp/itacs5/> [14]. Hasilnya berupa nilai korelasi yang membentuk pola spasial untuk menyusun model prediksi curah hujan bulanan di ZOM 313 di Sulawesi Tenggara.

Langkah berikutnya dari pemetaan spasial korelasi dicari lokasi *grid* positif dan negatif terbesar. Kemudian mengunduh data berdasarkan lokasi *grid* terpilih *time lag* 0 bulan hingga *time lag* 3 bulan setiap bulannya. Misalnya jika *time lag* 0 bulan artinya prediksi bulan juli dengan prediktor bulan juli, sedangkan *time lag* 1 bulan berarti 1 bulan sebelumnya begitu seterusnya hingga 3 bulan sebelumnya atau *time lag* 3 bulan. Data yang digunakan untuk model prediksi dengan metode regresi berganda. Kemudian hasil prediksi setiap bulan melalui *time lag* tadi divalidasi dengan hasil observasi menggunakan koefisien korelasi dan RMSE. Model baik jika nilai korelasi besar dan nilai RMSE kecil [9].

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan menghasilkan peta korelasi yang bernilai korelasi positif dan negatif terpilih untuk prediktor setiap *time lag* 0 bulan sampai 3 bulan tiap-tiap bulannya. Seperti gambar contoh berikut :





Gambar 2. Korelasi CH September dan SST time lag 0, 1, 2 dan 3 bulan.

BULAN	LAG 0		LAG 1		LAG 2		LAG 3	
	POSITIF	NEGATIF	POSITIF	NEGATIF	POSITIF	NEGATIF	POSITIF	NEGATIF
JANUARI	0.4	-0.3	0.3	-0.2	0.4	-0.2	0.4	-0.3
FEBRUARI	0.3	-0.2	0.4	-0.2	0.4	-0.3	0.3	-0.3
MARET	0.3	-0.3	0.4	-0.2	0.4	-0.3	0.3	-0.3
APRIL	0.4	-0.4	0.2	-0.2	0.2	-0.4	0.4	-0.3
MEI	0.2	-0.3	0.2	-0.4	0.4	-0.4	0.3	-0.4
JUNI	0.4	-0.4	0.3	-0.6	0.3	-0.6	0.3	-0.6
JULI	0.4	-0.6	0.4	-0.4	0.2	-0.6	0.6	-0.6
AGUSTUS	0.6	-0.4	0.4	-0.6	0.4	-0.6	0.4	-0.3
SEPTEMBER	0.4	-0.4	0.4	-0.6	0.4	-0.4	0.3	-0.2
OKTOBER	0.6	-0.6	0.4	-0.4	0.4	-0.2	0.4	-0.3
NOVEMBER	0.4	-0.4	0.4	-0.2	0.4	-0.4	0.3	-0.3
DESEMBER	0.4	-0.2	0.4	-0.3	0.2	-0.2	0.4	-0.2

Tabel 1. Nilai korelasi tertinggi CH di ZOM 313 dan grid SST

Data prediktor digunakan membangun model prediksi setiap bulan tiap-tiap time lag. Pada grafik berikut menunjukkan bahwa hubungan yang beragam antara curah hujan setiap bulan terhadap anomali SST, anomali SLP dan anomali angin zonal dari model time lag 0 bulan, time lag 1 bulan, time lag 2 bulan dan time lag 3 bulan. Analisis dalam membangun model prediktor berdasarkan korelasi antara curah hujan bulanan dan beberapa prediktor [7]. Setelah didapatkan lokasi grid yang dianggap cocok dapat dilakukan pembuatan persamaan regresi[9a] sebagai contoh berikut :

Bulan	PERSAMAAN UNTUK LAG 0	R ² (%)
Januari	$y = 0.056 + 0.326(\text{slp}) + 0.033(\text{slp}^+) + 0.089(\text{sst}) + 0.494(\text{sst}^+) - 0.208(\text{zon}) + 0.044(\text{zon}^+)$	35.6
Februari	$y = -0.022 - 0.175(\text{slp}) - 0.052(\text{slp}^+) - 0.469(\text{sst}) + 0.230(\text{sst}^+) - 0.0828(\text{zon}) + 0.191(\text{zon}^+)$	34.4
Maret	$y = 0.044 - 0.067(\text{slp}) - 0.168(\text{slp}^+) - 0.423(\text{sst}) + 0.730(\text{sst}^+) - 0.244(\text{zon}) + 0.064(\text{zon}^+)$	32.6
April	$y = -0.085 + 0.156(\text{slp}) - 0.461(\text{slp}^+) + 0.764(\text{sst}) + 0.893(\text{sst}^+) - 0.299(\text{zon}) + 0.0669(\text{zon}^+)$	59.5
Mei	$y = 0.028 - 0.381(\text{slp}) + 0.448(\text{slp}^+) - 0.614(\text{sst}) + 0.609(\text{sst}^+) - 0.157(\text{zon}) + 0.103(\text{zon}^+)$	46.7
Juni	$y = -0.027 - 0.426(\text{slp}) - 0.034(\text{slp}^+) - 0.873(\text{sst}) + 0.244(\text{sst}^+) - 0.135(\text{zon}) - 0.019(\text{zon}^+)$	48.3
Juli	$y = 0.039 - 0.562(\text{slp}) + 0.368(\text{slp}^+) - 0.261(\text{sst}) - 0.024(\text{sst}^+) - 0.030(\text{zon}) + 0.113(\text{zon}^+)$	63.7
Agustus	$y = -24.1 - 0.486(\text{slp}) + 0.299(\text{slp}^+) + 0.226(\text{sst}) + 0.834(\text{sst}^+) - 0.102(\text{zon}) + 0.0126(\text{zon}^+)$	69.7
September	$y = -0.004 - 0.203(\text{slp}) + 0.167(\text{slp}^+) - 0.463(\text{sst}) + 0.319(\text{sst}^+) - 0.788(\text{zon}) - 0.202(\text{zon}^+)$	39.1
Oktober	$y = 0.052 - 0.226(\text{slp}) + 0.279(\text{slp}^+) - 0.093(\text{sst}) + 1.07(\text{sst}^+) - 0.002(\text{zon}) - 0.570(\text{zon}^+)$	63
November	$y = 0.016 - 0.355(\text{slp}) + 0.235(\text{slp}^+) + 0.067(\text{sst}) + 0.324(\text{sst}^+) + 0.129(\text{zon}) + 0.22(\text{zon}^+)$	29.4
Desember	$y = -0.002 + 0.116(\text{slp}) + 0.126(\text{slp}^+) - 0.559(\text{sst}) + 0.131(\text{sst}^+) - 0.222(\text{zon}) + 0.241(\text{zon}^+)$	39.6

Bulan	PERSAMAAN UNTUK LAG 1	R ² (%)
Januari	$y = 0.038 + 0.008(\text{slp}) + 0.311(\text{slp}^+) + 0.426(\text{sst}) + 0.129(\text{sst}^+) + 0.120(\text{zon}) + 0.083(\text{zon}^+)$	10.5
Februari	$y = -0.003 + 0.039(\text{slp}) - 0.297(\text{slp}^+) + 1.08(\text{sst}) - 1.67(\text{sst}^+) - 0.0129(\text{zon}) + 0.199(\text{zon}^+)$	21.6
Maret	$y = 0.019 + 0.138(\text{slp}) + 0.057(\text{slp}^+) - 0.033(\text{sst}) + 0.803(\text{sst}^+) - 0.209(\text{zon}) - 0.114(\text{zon}^+)$	17
April	$y = -0.005 + 0.342(\text{slp}) - 0.470(\text{slp}^+) + 0.538(\text{sst}) - 0.170(\text{sst}^+) - 0.019(\text{zon}) - 0.040(\text{zon}^+)$	16.7
Mei	$y = 0.020 + 0.252(\text{slp}) - 0.261(\text{slp}^+) - 0.626(\text{sst}) + 0.178(\text{sst}^+) - 0.269(\text{zon}) + 0.122(\text{zon}^+)$	13.9
Juni	$y = -0.013 - 0.135(\text{slp}) - 0.188(\text{slp}^+) - 0.400(\text{sst}) - 0.368(\text{sst}^+) - 0.158(\text{zon}) + 0.105(\text{zon}^+)$	26.2
Juli	$y = 0.047 - 0.217(\text{slp}) + 0.223(\text{slp}^+) - 0.559(\text{sst}) + 0.792(\text{sst}^+) - 0.043(\text{zon}) + 0.085(\text{zon}^+)$	53.2
Agustus	$y = 0.046 + 0.308(\text{slp}) + 0.189(\text{slp}^+) - 0.429(\text{sst}) + 0.595(\text{sst}^+) - 0.177(\text{zon}) + 0.0060(\text{zon}^+)$	56.1
September	$y = 0.002 - 0.518(\text{slp}) + 0.534(\text{slp}^+) - 0.245(\text{sst}) - 0.009(\text{sst}^+) - 0.777(\text{zon}) - 0.042(\text{zon}^+)$	37.3
Oktober	$y = 0.090 - 0.260(\text{slp}) + 0.087(\text{slp}^+) - 0.174(\text{sst}) + 1.07(\text{sst}^+) + 0.388(\text{zon}) + 0.436(\text{zon}^+)$	63.3
November	$y = 0.013 + 0.254(\text{slp}) - 0.152(\text{slp}^+) + 0.214(\text{sst}) - 0.097(\text{sst}^+) - 0.293(\text{zon}) + 0.212(\text{zon}^+)$	18.2
Desember	$y = -0.003 + 0.305(\text{slp}) + 0.049(\text{slp}^+) + 0.500(\text{sst}) + 0.188(\text{sst}^+) + 0.188(\text{zon}) + 0.105(\text{zon}^+)$	27.3

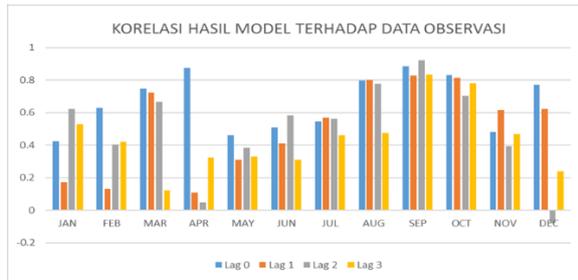
Bulan	PERSAMAAN UNTUK LAG 2	R ² (%)
Januari	$y = 0.062 + 0.465(\text{slp}) - 0.165(\text{slp}^+) + 0.535(\text{sst}) + 0.834(\text{sst}^+) + 0.179(\text{zon}) - 0.030(\text{zon}^+)$	27.1
Februari	$y = -0.021 - 0.042(\text{slp}) - 0.132(\text{slp}^+) - 0.179(\text{sst}) - 0.132(\text{sst}^+) - 0.167(\text{zon}) + 0.074(\text{zon}^+)$	8.7
Maret	$y = 0.065 - 0.261(\text{slp}) + 0.105(\text{slp}^+) + 0.972(\text{sst}) - 0.217(\text{sst}^+) - 0.175(\text{zon}) + 0.114(\text{zon}^+)$	20.3
April	$y = -0.060 - 0.648(\text{slp}) - 0.348(\text{slp}^+) - 0.141(\text{sst}) - 0.580(\text{sst}^+) + 0.121(\text{zon}) - 0.173(\text{zon}^+)$	38.1
Mei	$y = 0.060 + 0.715(\text{slp}) - 0.588(\text{slp}^+) - 0.286(\text{sst}) - 0.211(\text{sst}^+) - 0.445(\text{zon}) - 0.225(\text{zon}^+)$	25.7
Juni	$y = 0.030 + 1.75(\text{slp}) - 2.05(\text{slp}^+) - 0.463(\text{sst}) - 0.623(\text{sst}^+) - 0.229(\text{zon}) + 0.114(\text{zon}^+)$	39.7
Juli	$y = 0.020 - 0.532(\text{slp}) + 0.497(\text{slp}^+) - 0.603(\text{sst}) - 0.160(\text{sst}^+) - 0.002(\text{zon}) - 0.199(\text{zon}^+)$	61.7
Agustus	$y = 0.005 - 0.300(\text{slp}) + 0.922(\text{slp}^+) - 0.002(\text{sst}) - 0.086(\text{sst}^+) - 0.0686(\text{zon}) - 0.0567(\text{zon}^+)$	54.7
September	$y = 0.003 + 0.057(\text{slp}) - 0.186(\text{slp}^+) - 0.813(\text{sst}) + 0.525(\text{sst}^+) - 0.774(\text{zon}) - 0.331(\text{zon}^+)$	35.6
Oktober	$y = 0.016 + 0.312(\text{slp}) - 0.673(\text{slp}^+) + 0.157(\text{sst}) - 0.049(\text{sst}^+) - 0.248(\text{zon}) + 0.198(\text{zon}^+)$	54.9
November	$y = 0.011 + 0.296(\text{slp}) - 0.471(\text{slp}^+) + 0.118(\text{sst}) + 0.563(\text{sst}^+) - 0.083(\text{zon}) - 0.120(\text{zon}^+)$	18.8
Desember	$y = 0.056 + 0.318(\text{slp}) - 0.321(\text{slp}^+) + 0.408(\text{sst}) + 0.897(\text{sst}^+) - 0.034(\text{zon}) + 0.244(\text{zon}^+)$	16.9

Bulan	PERSAMAAN UNTUK LAG 3	R ² (%)
Januari	$y = 0.060 + 0.431(\text{slp}) - 0.332(\text{slp}^+) + 0.119(\text{sst}) - 0.642(\text{sst}^+) - 0.0761(\text{zon}) + 0.150(\text{zon}^+)$	26.3
Februari	$y = -0.011 - 0.040(\text{slp}) - 0.151(\text{slp}^+) - 0.078(\text{sst}) - 0.564(\text{sst}^+) - 0.216(\text{zon}) + 0.007(\text{zon}^+)$	11.7
Maret	$y = 0.050 + 0.068(\text{slp}) - 0.041(\text{slp}^+) - 0.439(\text{sst}) - 0.880(\text{sst}^+) - 0.048(\text{zon}) + 0.228(\text{zon}^+)$	9.9
April	$y = 0.017 + 0.078(\text{slp}) - 0.150(\text{slp}^+) + 0.398(\text{sst}) + 0.241(\text{sst}^+) - 0.0393(\text{zon}) - 0.180(\text{zon}^+)$	28.8
Mei	$y = -0.017 + 0.050(\text{slp}) + 0.133(\text{slp}^+) + 0.466(\text{sst}) - 0.031(\text{sst}^+) - 0.260(\text{zon}) + 0.109(\text{zon}^+)$	15.5
Juni	$y = 0.016 - 0.145(\text{slp}) + 0.038(\text{slp}^+) - 0.288(\text{sst}) - 0.413(\text{sst}^+) - 0.117(\text{zon}) - 0.097(\text{zon}^+)$	21.2
Juli	$y = 0.032 - 0.442(\text{slp}) + 0.424(\text{slp}^+) - 0.077(\text{sst}) - 0.194(\text{sst}^+) - 0.0390(\text{zon}) - 0.126(\text{zon}^+)$	61.6
Agustus	$y = -0.041 - 0.194(\text{slp}) + 0.368(\text{slp}^+) - 0.525(\text{sst}) + 0.126(\text{sst}^+) + 0.000(\text{zon}) + 0.0623(\text{zon}^+)$	29.5
September	$y = -0.018 - 0.015(\text{slp}) - 0.828(\text{slp}^+) + 0.286(\text{sst}) - 0.515(\text{sst}^+) + 0.030(\text{zon}) - 0.641(\text{zon}^+)$	45.9
Oktober	$y = 0.015 + 0.271(\text{slp}) - 0.297(\text{slp}^+) + 0.489(\text{sst}) + 0.027(\text{sst}^+) - 0.873(\text{zon}) - 0.218(\text{zon}^+)$	52
November	$y = 0.030 - 0.302(\text{slp}) + 0.108(\text{slp}^+) + 0.562(\text{sst}) + 1.38(\text{sst}^+) - 0.663(\text{zon}) + 0.223(\text{zon}^+)$	33.7
Desember	$y = -0.021 - 0.013(\text{slp}) - 0.193(\text{slp}^+) - 0.237(\text{sst}) + 0.481(\text{sst}^+) + 0.057(\text{zon}) + 0.103(\text{zon}^+)$	9

Tabel 2. Persamaan regresi berganda time lag 0, 1, 2, dan 3 bulan

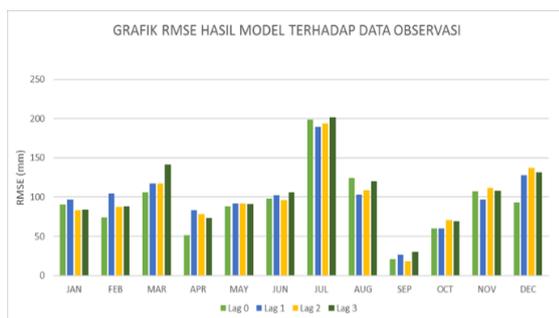
Berdasarkan prediksi waktu tunda terhadap prediktor digunakan dalam membangun model berdasarkan hasil korelasi terhadap curah hujan bulanan yang menghasilkan interaksi statistik dengan indeks iklim sebagai prediktor [12].

Validasi dengan data periode 2005-2015 ditunjukkan grafik korelasi menunjukkan hampir semua hasil yang dibandingkan berkorelasi yang positif hanya keluaran bulan Desember time lag 2 bulan yang bernilai negatif. Time lag 0 bulan selalu konsisten dengan nilai korelasi diatas 0.4 setiap bulannya. Sebaran nilai korelasi merata untuk time lag 0 bulan, 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan paling bagus pada musim kemarau yaitu bulan Juli, Agustus, September dan Oktober karena adanya pola dinamis yang kuat di Samudera Pasifik misalnya fenomena ENSO yang mengganggu pola curah hujan di Kendari, nilai korelasi tertinggi untuk time lag 0 bulan, 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan berturut-turut 0.89, 0.83, 0.92 dan 0.83 terjadi bulan September. Nilai korelasi yang bernilai positif atau mendekati nilai 1 diantara salah satu model memperlihatkan bahwa hasil prediksi dari model tersebut cukup baik untuk dipergunakan [12] untuk memprediksi atau sebagai pembandingan model yang lainnya.



Gambar 3. Korelasi curah hujan luaran model dengan data observasi.

Sebaran Nilai RMSE yang beragam untuk keseluruhan hasil *time lag* setiap bulannya, menandakan adanya hubungan yang baik antara hasil keluran model atau masih besarnya nilai galat atau kurang bagus nya hasil model. Nilai RMSE yang lebih rendah diantara salah satu model mengisyaratkan bahwa model tersebut cukup baik dibandingkan lainnya, hasil model dengan nilai RMSE rendah pada bulan September dan Oktober dibandingkan bulan-bulan lainnya. Sedangkan nilai RMSE paling besar terjadi pada bulan Juli untuk setiap model *time lag* yang digunakan. Nilai RMSE yang bernilai besar memperlihatkan jika hasil model tersebut kurang baik untuk digunakan atau sebagai pembandingan model lainnya.



Gambar 4. RMSE luaran model terhadap data obeservasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh hubungan yang cukup signifikan antara prediktor anomali suhu muka laut, tekanan permukaan laut, dan angin zonal terhadap anomali curah hujan di ZOM 313 yang ditunjukkan dengan nilai korelasi yang bervariasi setiap bulannya.

Model persamaan prediksi curah hujan yang dibangun menggunakan prediktor dengan *time lag* 0 bulan memiliki performa yang lebih baik digunakan dari bulan Desember hingga Agustus. Sedangkan bulan September dan

November menggunakan model *time lag* 3 bulan.

Model persamaan prediksi curah hujan yang menggunakan empat model *time lag* yang paling baik dari nilai korelasi yang besar dan hasil RMSE yang paling kecil pada bulan September dan bulan Oktober.

Saran

Saran untuk penelitian ini berdasarkan hasil yang didapatkan dalam penelitian ini untuk meningkatkan hasil prakiraan maka perlu mencari prediktor lain yang berhubungan erat dengan terjadinya hujan dan melakukan pemilihan model terbaik untuk memprediksi curah hujan setiap bulannya.

Daftar Pustaka

- [1] Tjasyono, B. (2008). *Meteorologi Terapan*. ITB, Bandung.
- [2] Hermawan, E. (2011). Estimasi Datangnya Kemarau Panjang 2012/2013.
- [3] Aldrian, E., dan Susanto, R. D. (2003). Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and their Relationship to Sea Surface Temperature. *International Journal of Climatology*, Vol 23, p 1435-1452. 10.1002 / joc.950.
- [4] Prasetya, Y. L. D. (2014). *Prediksi Awal Musim Hujan dengan Memanfaatkan Model ITCAS JMA di Stasiun Meteorologi Mataram Nusa Tenggara Barat*. Skripsi. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan.
- [5] Tjasyono, B. (2004). *Klimatologi*. Edisi kedua, ITB, Bandung.
- [6] Webster, P.J., & Yang, S. (1992). *Monsoon and ENSO: Selective Interactive System*. *Q. J. R. Meteorol. Soc*, vol 118, p 877-926.
- [7] Kim, C.G, dkk. (2020). Monthly Precipitation Forecasting in the Han River Basin, South Korea, Using Large-Scale Teleconnections and Multiple Regression Models. *Water*. 12. 1590.
- [8] Mohammed, M., dkk. (2020). Prediction Of Rainfall Using Machine Learning Techniques. *International Journal Of Scientific & Technology Research*. Vol 9.
- [9] Prameuthia, E. (2015). *Prediksi Curah Hujan dan Hari Hujan Bulanan dengan Prediktor Suhu Muka Laut di Wilayah Pesisir Barat Daya Sulawesi*. Skripsi. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan.
- [10] Irawan, A.M. (2014). *Model Prediksi Gabungan (Ensemble) dengan Nilai Pembobotan untuk Prediksi Curah Hujan Dasarian di Mali- Alor NTT*. Skripsi. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan.
- [11] Kim, Y.-H.; Kim, M.-K.; Lee, W.-S. (2008) An investigation of large-scale climate indices with the influence on temperature and precipitation variation in Korea. *Atmosphere*, 18, 83–95.
- [12] Tan, X.; Shao, D. [2017] Precipitation trends and teleconnections identified using quantile regressions over Xinjiang, China. *Int. J. Climatol.*, 37, 1510–1525.
- [13] Wilks, D.S. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Chapter 8, Academic Press.
- [14] Japan Meteorological Agency (JMA). Internet: <http://extreme.kishou.go.jp/itacs5/>

EVALUASI DATA GPM-IMERG (GLOBAL PRECIPITATION MEASUREMENT - INTEGRATED MULTI-SATELLITE RETRIEVAL FOR GPM) DI PROVINSI NTB

EVALUATION OF GPM-IMERG (GLOBAL PRECIPITATION MEASUREMENT - INTEGRATED MULTI-SATELLITE RETRIEVAL FOR GPM) IN NTB PROVINCE

Imam Kurniawan^{1*}, Made Dwi Jendra¹

¹Stasiun Klimatologi Lombok Barat

*E-mail: imamkurniawan.ntb@gmail.com

Naskah masuk: 21 Februari 2022 Naskah diperbaiki: 18 Februari 2022 Naskah diterima: 21 Juni 2022

ABSTRAK

Telah dilakukan pengujian terhadap hasil produk Global Precipitation Measurement - Integrated Multi-Satellite Retrieval for GPM (GPM-IMERG). Pengujian dilakukan terhadap data hujan tahun 2017 untuk 31 titik pos hujan di provinsi Nusa Tenggara Barat. Pengujian dilakukan menggunakan analisis secara statistik dan kategorikal. Berdasarkan hasil analisis secara statistik didapatkan bahwa hasil estimasi hujan pada model GPM-IMERG bersifat overestimate dimana bias bernilai positif. Dari hasil analisis data hujan dasarian didapatkan korelasi yang cukup tinggi antara data GPM-IMERG dengan data hasil observasi di 31 pos hujan yang ada di provinsi Nusa Tenggara Barat yaitu dengan nilai korelasi rata-rata sebesar 0,64. Korelasi tertinggi terjadi di wilayah Sekotong dengan nilai korelasi sebesar 0,85. Korelasi cukup tinggi juga terjadi di UPT BMKG yaitu 0,67 sampai 0,83. Untuk analisis secara kategorikal juga mendapatkan nilai yang cukup baik yaitu dengan nilai akurasi rata-rata sebesar 0,75. Dan nilai POD sebesar 0,78. Nilai akurasi tertinggi terjadi di wilayah Kediri yaitu dari data Stasiun Klimatologi Lombok Barat sebesar 0,82. Berdasarkan hasil ini, maka GPM-IMERG dapat dipertimbangkan untuk digunakan sebagai referensi data hujan dalam melakukan analisis iklim.

Kata kunci: GPM-IMERG, Evaluasi Data Hujan, Penginderaan Jauh

ABSTRACT

Global Precipitation Measurement - Integrated Multi-Satellite Retrieval for GPM (GPM-IMERG) product data has been tested. Evaluation has been carried out for the 2017 rainfall data at 31 rainfall observation stations in Nusa Tenggara Barat province. Tests were carried out using statistical and categorical analysis methods. Based on the results of statistical analysis, it was found that the rainfall estimation results in the GPM-IMERG model were overestimates where the bias was positive. From the analysis of ten-days rainfall data, it was found that a fairly high correlation between the GPM-IMERG data and the observation data at 31 rainfall station, with an average correlation value of 0,64. The highest correlation occurs in the Sekotong area with a correlation value of 0,85. High correlation also occurs at BMKG stations with values ranging from 0,67 to 0,83. Meanwhile, for categorical analysis, it also got a fairly good value with an average accuracy value of 0,75 and the POD value is 0,78. The highest accuracy value occurs in the Kediri area, which is based on BMKG Climatology Station data with a value of 0,82. Based on these results, the GPM-IMERG can be considered to be used as a reference for rain data in conducting climate analysis.

Keywords: GPM-IMERG, Rainfall Data Evaluation, Remote Sensing

1. Pendahuluan

Hujan merupakan salah satu unsur cuaca dan iklim yang sangat mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia. Pengamatan cuaca dan iklim di Indonesia telah dimulai sejak pendudukan pemerintah Hindia Belanda, dimana pada tahun 1879 dibangun sebanyak 74 stasiun pengamatan hujan di pulau Jawa [1]. Di provinsi NTB pengamatan sinoptik telah dilakukan melalui 4 UPT BMKG. Pengamatan pertama kali dimulai pada tahun 1970an yaitu stasiun meteorologi Selaparang, Stamet Sumbawa pada 1980an, Bima pada 1980an, dan Stasiun Klimatologi Kediri Lombok Barat pada tahun 1997. Selain empat UPT Stasiun BMKG, pengamatan hujan telah dilakukan dengan bekerjasama dengan instansi terkait, khususnya Dinas Pertanian yaitu dengan mengoperasikan pos – pos pengamatan hujan. Sampai saat ini telah ada 125 pos hujan pengamatan aktif yang ada di provinsi NTB. Sebagian besar pos hujan tersebut berlokasi di Pulau Lombok dan Pulau Sumbawa. Salah satu kelemahan dari jaringan pengamatan hujan yang ada di provinsi NTB adalah masalah kerapatan pos pengamatan dan lokasi yang tidak tersebar secara merata.

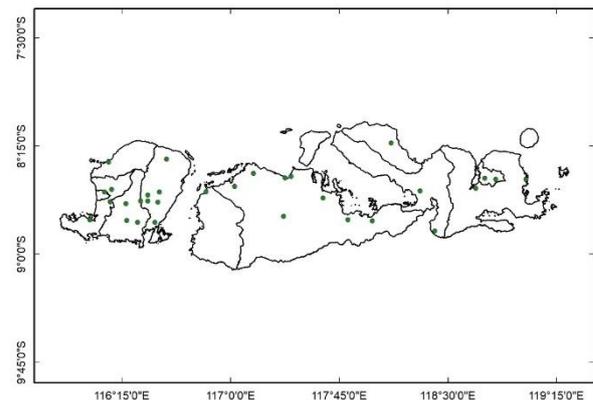
Penambahan jaringan pengamatan baru tidak bisa langsung dilakukan, karena selain membutuhkan biaya yang cukup besar, penambahan jaringan pengamatan juga membutuhkan kesiapan SDM dalam operasionalnya kedepan. Salah satu alternatif yang bisa dipertimbangkan adalah dengan menggunakan data model (*gridded data*) yang hingga saat ini telah memiliki skala spasial yang sudah lebih tinggi daripada beberapa tahun yang lalu, salah satunya adalah produk dari GPM-IMERG.

GPM pertama kali diluncurkan pada Februari 2014 sebagai kelanjutan dari suksesnya Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Integrated Multi-Satellite Retrieval for GPM (IMERG) memiliki tingkat resolusi spasial yang lebih tinggi dari TRMM yaitu hingga $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ dengan resolusi temporal 30 menit. Dilihat dari kelebihan yang ada, maka GPM-IMERG sangat cocok digunakan untuk wilayah NTB yang merupakan wilayah kepulauan dengan pulau yang tidak terlalu besar sehingga data grid dari model ini mampu mewakili wilayah provinsi NTB secara merata. Namun sebelum digunakan, data model perlu dievaluasi terlebih dahulu. Penelitian ini bertujuan untuk melihat sejauh mana keakuratan data GPM-IMERG yaitu

dengan mengevaluasi hasil estimasi data hujan produk dari GPM-IMERG menggunakan data hujan hasil pengamatan dari stasiun sinoptik yang ada di provinsi NTB.

A. Pengamatan Curah Hujan di Provinsi NTB

Stasiun klimatologi Lombok Barat berlokasi di jalan TGH Ibrahim Khalidy Kecamatan Kediri Kabupaten Lombok Barat dengan titik koordinat $8^\circ 38'10.4''$ LS dan $116^\circ 10'15.3''$ BT, dengan ketinggian 52 meter dari permukaan laut. Pengamatan unsur cuaca dan iklim di stasiun klimatologi Lombok Barat dimulai sejak masih berstatus sebagai pos pengamatan iklim pada 1997. Pada tahun 2005 pos pengamatan klimatologi ditingkatkan statusnya menjadi Stasiun Klimatologi Klas IV Kediri, dan pada 2013 resmi menjadi Stasiun Klimatologi Klas I Lombok Barat. Pada 2014 Stasiun Klimatologi dilengkapi dengan peralatan AAWS untuk menunjang kegiatan observasi.

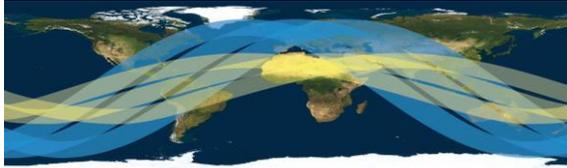


Gambar 1. Peta area penelitian

B. Global Precipitation Measurement - Integrated Multi-Satellite Retrieval for GPM

Global Precipitation Measurement (GPM) merupakan misi yang digagas oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) bekerjasama dengan *Japan Aerospace and Exploration Agency* (JAXA). Konsep dari Misi GPM: adalah jaringan satelit internasional yang menyediakan generasi terbaru pengamatan hujan dan salju secara global. Konsep GPM berpusat pada penyebaran satelit "Utama" yang membawa sistem radar / radiometer canggih untuk mengukur curah hujan dari ruang angkasa dan berfungsi sebagai standar referensi untuk menyatukan pengukuran curah hujan dari konstelasi (kumpulan) satelit penelitian dan operasional [2,3]. Pengukuran GPM menjangkau garis lintang menengah dan tinggi.

Observatorium inti GPM diluncurkan pada 27 Februari 2014 dari Tanegashima Space Center, Jepang. Observatorium Inti GPM membawa dua instrumen utama yang terdiri dari GPM *Microwave Imager* (GMI) dan *Dual-frequency Precipitation Radar* (DPR). Gambar 2 menunjukkan perbandingan area cakupan dari tiga orbit TRMM (kuning) dan GPM Core Observatory (Biru) [4].



TRMM Orbit (Yellow) & GPM Orbit (Blue) –
Image: NASA

Gambar 2. Perbandingan area cakupan dari tiga orbit TRMM (kuning) dan GPM Core Observatory (Biru). Sumber: NASA

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi keakurasian data GPM. Dari penelitian yang dilakukan oleh Sharifi dkk pada 2016 [5], diketahui bahwa GPM-IMERG memiliki nilai koefisien korelasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk lainnya seperti TMPA-3B42 dan ERA Interim ketika diuji dengan data stasiun pengamatan hujan di Iran. Begitupun juga hasil penelitian yang dilakukan oleh Tan dan Duan pada 2017 [6] dimana hasil dari produk satelit presipitasi dalam hal ini GPM dan TMPA (3B42 dan 3B42RT) menghasilkan korelasi yang baik ketika dibandingkan dengan hasil pengukuran dari alat pengukur hujan observasi dalam skala temporal bulanan. IMERG memiliki kinerja yang lebih baik dilihat dari variabilitas presipitasi secara spasial dan kemampuan dalam mendeteksi presipitasi. Penelitian yang dilakukan Sungmin, dkk [7] yaitu menguji performa dari ketiga produk IMERG Level 3 yaitu IMERG-E, IMERG-L, dan IMERG-F. produk IMERG diuji menggunakan data hujan dari jaringan stasiun iklim WEGN di Austria. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa IMERG-F mendapatkan hasil yang terbaik, diikuti oleh IMERG-L dan IMERG-E. Penelitian lain yang dilakukan Yuan, dkk [8] mendapatkan hasil bahwa TRMM 3B42V7 masih lebih baik daripada IMERG ketika digunakan dalam simulasi *streamflow* di Myanmar. Penelitian yang dilakukan Rios Gaona, dkk [9] mengusulkan bahwa IMERG merupakan sumber data hujan yang dapat diandalkan, meskipun secara umum ada kecenderungan data IMERG sedikit underestimate namun tidak signifikan. Begitupula hasil penelitian Sun, dkk

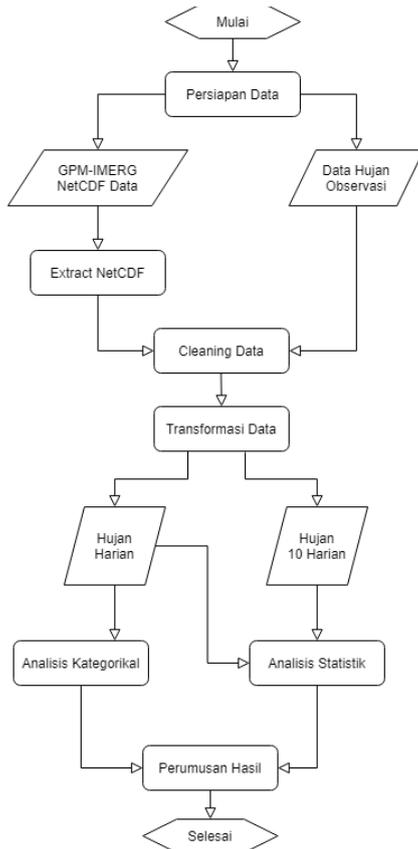
[10] menyatakan bahwa produk GPM memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan data yang ada di stasiun bumi. Pengujian GPM-IMERG juga pernah dilakukan di Indonesia oleh Azka dkk [11] dan mendapatkan hasil bahwa produk ini sangat bagus dalam menentukan ada atau tidaknya hujan.

2. Metode Penelitian

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Semua tahapan penelitian digambarkan seperti pada bagan alir penelitian pada gambar 3. Persiapan data yang dilakukan adalah dengan mengunduh data mentah GPM-IMERG melalui portal NASA. Data yang diunduh adalah data hujan GPM-IMERG tahun 2017 dengan skala temporal harian. Sementara itu untuk data observasi, persiapan yang dilakukan adalah dengan menyusun data hujan dari 31 titik pos hujan kerjasama dengan skala harian.

Proses ekstraksi data dilakukan dengan mengubah data hujan harian GPM-IMERG dari format NetCDF menjadi data tabular. Proses selanjutnya adalah *Data Cleaning* yaitu membersihkan sampel dari data kosong dan data pencilan atau outlier. Data kosong maupun data pencilan ini bila digunakan untuk proses analisis dapat menyebabkan biasnya kesimpulan yang diambil, oleh sebab itu perlu dilakukan *cleaning* pada data sampel sebelum menuju proses analisis.

Proses analisis data dilakukan menggunakan teknik statistik. Beberapa metode statistik yang digunakan antara lain: *Bias*, *Multiplicative Bias*, *Relative Bias*, *Mean Absolute Bias*, *Root Mean Square Error*, dan *Correlation Coefficient*. Analisis statistik dilakukan terhadap data harian dan dasarian. Data dari pos hujan Kerjasama BMKG memiliki skala temporal harian sementara untuk informasi iklim, pengolahan yang dilakukan umumnya menggunakan data dasarian. Analisis secara kategorikal juga dilakukan pada data harian untuk melihat tingkat akurasi dari produk GPM-IMERG dalam menentukan kejadian hujan atau tidak. Dari hasil analisis maka dapat dirumuskan hasil evaluasi data GPM-IMERG apakah layak untuk dipertimbangkan sebagai inputan untuk melakukan analisis iklim.



Gambar 3. Bagan alur penelitian

Penelitian ini menggunakan data hujan harian tahun 2017 yang merupakan data reanalisis level 3 dari IMERG final run (IMERG-F) dengan skala temporal harian. Data IMERG ini merupakan versi final, dimana nilai precipitation merupakan nilai yang telah dikalibrasi. Data GPM-IMERG diperoleh dari website NASA di alamat <https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/gpm>. Sementara itu untuk data observasi, data yang digunakan adalah data hujan harian dari 31 pos pengamatan yang ada di provinsi NTB. Pemilihan lokasi pos hujan berdasarkan jaraknya dengan data grid IMERG.

Data hujan yang disediakan oleh NASA adalah data dalam bentuk NetCDF (*network common data form*) dengan format file harian. Untuk bisa membacanya, data tersebut perlu di ekstrak menjadi format ASCII. Pada penelitian ini proses ekstraksi data menggunakan bahasa pemrograman python 2.7 menggunakan library netCDF4. Proses pengolahan awal dilakukan adalah mengekstrak data-data harian dan menggabungkannya menjadi data satu tahun. Beberapa variabel output dari data IMERG adalah seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Variabel data IMERG hasil ekstrak dari file NetCDF

No	Variabel	Tipe	Deskripsi
1	Date	Integer	Tanggal data yang diambil dari nama file nc
2	Lon	Float	Bujur
3	Lat	Float	Lintang
4	Precipitation Cal	Float	Precipitation Calibrated yaitu nilai curah hujan estimasi yang telah dikalibrasi (dalam satuan milimeter)

Untuk data hujan observasi, data yang digunakan adalah data hujan harian dengan variabel yang dibutuhkan juga hampir sama. Setelah data dari kedua sumber sudah didapatkan, langkah selanjutnya adalah menentukan data grid dari IMERG yang akan dijadikan sampel untuk dibandingkan dengan data hujan observasi. Pada penelitian ini digunakan algoritma *nearest neighbors* (NN) yaitu menggunakan grid terdekat dengan pos hujan. Selain itu, jarak antara pos hujan dan data grid adalah tidak boleh lebih dari 0.05° atau sekitar 5,5 kilometer, hal ini untuk mencegah terjadinya bias yang cukup besar karena masalah jarak. Untuk kegiatan ini kami menggunakan aplikasi ArcMap 10.2.

Tabel 2. Deskripsi lokasi pos hujan dan grid data IMERG yang digunakan

No	Pos Hujan	Lon	Lat	Grid IMERG		Jarak (Km)
				Lon	Lat	
1	KEDIRI	116,17	-8,64	116,15	-8,65	2,71
2	STAMET BIL	116,28	-8,76	116,25	-8,75	4,18
3	STAMET SBW	117,42	-8,46	117,45	-8,45	3,48
4	STAMET BIMA	118,69	-8,54	118,65	-8,55	4,78
5	CAKRANEGERA	116,13	-8,57	116,15	-8,55	3,12
6	SIGERONGAN	116,18	-8,55	116,15	-8,55	3,30
7	SEKOTONG	116,03	-8,76	116,05	-8,75	2,46
8	TANJUNG	116,16	-8,36	116,15	-8,35	1,56
9	MUJUR	116,36	-8,78	116,35	-8,75	3,49
10	PRAYA	116,28	-8,65	116,25	-8,65	3,30
11	KOPANG	116,38	-8,63	116,35	-8,65	3,97
12	SEMBALUN	116,56	-8,34	116,55	-8,35	1,56
13	SIKUR	116,43	-8,63	116,45	-8,65	3,12
14	SUKAMULIA	116,50	-8,64	116,55	-8,65	5,61
15	JEROWARU	116,48	-8,78	116,45	-8,75	4,68
16	AIKMEL	116,51	-8,57	116,55	-8,55	4,93
17	KOTARAJA	116,43	-8,59	116,45	-8,55	4,94
18	LENANGGUAR	117,37	-8,74	117,35	-8,75	2,32
19	TANO	116,83	-8,57	116,85	-8,55	2,64
20	ALAS	117,03	-8,53	117,05	-8,55	3,12
21	UTAN	117,16	-8,44	117,15	-8,45	1,56
22	LAB. BADAS	117,38	-8,47	117,35	-8,45	3,90
23	LAPE	117,64	-8,61	117,65	-8,65	4,56
24	PLAMPANG	117,81	-8,76	117,85	-8,75	4,54
25	EMPANG	117,98	-8,77	117,95	-8,75	3,97
26	MANGGALEWA	118,31	-8,56	118,35	-8,55	4,54

27	HUU	118,41	-8,84	118,45	-8,85	4,54
28	SANGGAR	118,11	-8,23	118,15	-8,25	4,93
29	RASANA	118,83	-8,48	118,85	-8,45	3,98
30	RABA	118,77	-8,49	118,75	-8,45	4,96
31	SAPE	119,04	-8,48	119,05	-8,45	3,49

Tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1) Analisis statistik

Pengolahan data secara komprehensif telah dilakukan untuk melihat korelasi antara data GPM-IMERG dengan data hujan observasi. Beberapa metode statistik yang digunakan yaitu: *Bias*, *Multiplicative Bias* (Mbias), *Relative Bias* (Rbias), *Mean Absolute Error* (MAE), RMSE, dan koefisien korelasi.

Bias merupakan nilai rata-rata selisih antara data hujan estimasi satelit (GPM-IMERG) dan data hujan hasil observasi. Nilai bias negatif mengindikasikan nilai data hujan IMERG *underestimate*, sementara jika positif menunjukkan nilai IMERG *overestimate*.

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^N (P_s - P_o)}{N} \tag{1}$$

Multiplicative bias (bias multiplikatif) adalah merupakan rasio dari rata-rata nilai GPM-IMERG untuk rata-rata nilai observasinya. ketika bias multiplikatif bernilai 1,1 artinya hasil GPM-IMERG rata-rata 10% lebih tinggi.

$$MBias = \frac{\sum_{i=1}^N P_s}{\sum_{i=1}^N P_o} \tag{2}$$

$$RBias = \frac{\sum_{i=1}^N (P_s - P_o)}{\sum_{i=1}^N P_o} \times 100 \tag{3}$$

MAE digunakan untuk menyatakan rata-rata besarnya nilai kesalahan absolut.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |P_s - P_o|}{N} \tag{4}$$

RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_s - P_o)^2} \tag{5}$$

Koefisien korelasi adalah merupakan nilai yang menunjukkan kuat atau tidaknya hubungan linier antara data GPM-IMERG dan data observasi. Nilai r berkisar -1 sampai 1, jika r bernilai negatif artinya korelasi antara kedua variabel bersifat berlawanan, sementara jika bernilai positif menunjukkan hubungan yang searah, namun jika nilai r mendekati 0 mengindikasikan hubungan yang lemah antara dua variabel. Beberapa penulis statistik membuat interval kategorisasi untuk melihat kekuatan hubungan korelasi [12].

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (P_s - \bar{P}_s)(P_o - \bar{P}_o)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (P_s - \bar{P}_s)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_o - \bar{P}_o)^2}} \tag{6}$$

2) Analisis kategorikal

Teknik lain yang digunakan untuk mengevaluasi data hujan GPM-IMERG adalah melakukan analisis secara kategorikal. Analisis kategorikal dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dari GPM-IMERG dalam menentukan terjadinya kejadian hujan, dalam hal ini melihat frekuensi “ya” dan “Tidak” kejadian hujan. Pada penelitian ini analisis kategorikal dilakukan pada data hujan harian menggunakan tabel kontingensi.

Tabel 3. Tabel kontingensi untuk evaluasi kejadian hujan dari GPM-IMERG

		GPM-IMERG		
		Ya	Tidak	Total
Observasi	Ya	Hits (a)	Misses (c)	a + c
	Tidak	False Alarms (b)	Negatif (d)	b + d
	Total	a + b	c + d	Total

Hasil estimasi atau observasi bernilai “Yes” artinya terjadi kejadian hujan, sementara jika bernilai “Tidak” artinya kejadian hujan tidak terjadi. Berdasarkan data hujan harian menggunakan tabel kontingensi, kita dapat menentukan beberapa teknik analisis yaitu: *Probability of detection* (POD), *False alarm ratio* (FAR), *Critical success index* (CSI), *Akurasi*, *Frequency bias*, *Probability of false detection* (POFD), dan *Success ratio* (SR). POD menjawab pertanyaan seberapa besar skor frekuensi “ya” hasil observasi yang sesuai dengan estimasi. Skor tertinggi untuk POD adalah 1.

$$POD = \frac{a}{a+c} \quad (7)$$

FAR menjawab pertanyaan seberapa besar skor untuk kejadian tidak terjadi hujan, namun hasil estimasi terjadi hujan. Skor terbaik FAR adalah 0.

$$FAR = \frac{b}{a+b} \quad (8)$$

CSI menjawab pertanyaan seberapa bagus hasil estimasi "Ya" sesuai dengan hasil observasinya. Skor terbaik CSI adalah 1.

$$CSI = \frac{a}{a+b+c} \quad (9)$$

Nilai akurasi menunjukkan seberapa bagus hasil estimasi untuk semua kejadian baik "Ya" dan "Tidak". Skor terbaik akurasi adalah 1.

$$Akurasi = \frac{a+b}{Total} \quad (10)$$

$$Bias = \frac{a+b}{a+c} \quad (11)$$

3. Hasil dan Pembahasan

A. Analisis Data Harian

Berdasarkan hasil analisis data harian menggunakan metode statistik didapatkan nilai rata-rata bias dari 31 sampel data yang diolah adalah sebesar 1,05 milimeter. Bias bernilai positif menunjukkan bahwa hasil estimasi hujan pada model IMERG bersifat overestimate. Sementara itu, nilai rata-rata MAE adalah sebesar 5,73 milimeter dan rata-rata RMSE adalah sebesar 12,71 milimeter. Nilai rata-rata bias sebesar 1,29 milimeter dengan nilai bias relatif sebesar 29%. Rata-rata koefisien korelasi sebesar 0,27 dengan korelasi tertinggi yaitu pos hujan Sekotong sebesar 0,54 dan RMSE 10,37 milimeter. Hasil analisis data harian menggunakan metode statistik disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis statistik data hujan harian GPM-IMERG VS Data Observasi Sinoptik

No	Lokasi	RMSE (mm)	MAE (mm)	Bias (mm)	Mbias	Rbias	r
1	KEDIRI	11.65	5.28	0.76	1.14	0.14	0.36
2	STAMET_BIL	13.34	6.05	-0.23	0.96	-0.04	0.33
3	STAMET_SBW	11.79	4.81	0.73	1.14	0.14	0.48
4	STAMET_BIMA	11.06	5.36	1.59	1.46	0.46	0.08
5	CAKRANEGARA	13.22	6.64	0.16	1.02	0.02	0.25
6	SIGERONGAN	15.69	7.06	0.39	1.06	0.06	0.18
7	SEKOTONG	10.37	4.40	-0.89	0.84	-0.16	0.54
8	TANJUNG	13.43	5.73	2.77	1.65	0.65	0.36
9	MUJUR	10.97	4.78	0.63	1.12	0.12	0.39
10	PRAYA	14.10	6.39	-0.71	0.90	-0.10	0.34
11	KOPANG	11.52	5.13	0.14	1.02	0.02	0.41
12	SEMBALUN	15.90	6.96	0.28	1.04	0.04	0.41
13	SIKUR	15.32	7.01	1.71	1.37	0.37	0.09

14	SUKAMULIA	13.19	5.54	1.02	1.21	0.21	0.23
15	JEROWARU	11.78	4.99	1.82	1.48	0.48	0.33
16	AIKMEL	14.37	6.22	1.23	1.24	0.24	0.14
17	KOTARAJA	13.92	6.10	1.41	1.26	0.26	0.24
18	LENANGGUAR	12.57	7.08	0.01	1.00	0.00	0.13
19	TANO	13.47	6.16	2.79	1.94	0.94	0.07
20	ALAS	13.66	6.72	2.73	1.74	0.74	0.12
21	UTAN	10.82	5.33	3.38	2.26	1.26	0.40
22	LAB_BADAS	11.67	5.58	1.42	1.31	0.31	0.43
23	LAPE	13.86	5.70	2.29	1.59	0.59	0.34
24	PLAMPANG	15.46	6.24	-0.20	0.97	-0.03	0.21
25	EMPANG	11.92	5.38	0.71	1.16	0.16	0.31
26	MANGGALEWA	12.16	5.88	-0.23	0.96	-0.04	0.21
27	HUU	10.09	4.41	1.45	1.39	0.39	0.38
28	SANGGAR	13.51	6.24	1.78	1.46	0.46	0.11
29	RASANA	12.94	5.81	-0.02	1.00	0.00	0.17
30	RABA	10.32	4.50	1.53	1.43	0.43	0.23
31	SAPE	9.86	4.26	2.00	1.92	0.92	0.15

B. Analisis Data Dasarian

Berdasarkan hasil analisis data 10 harian menggunakan metode statistik didapatkan nilai rata-rata bias dari 31 sampel data yang diolah adalah sebesar 10,37 milimeter. Bias bernilai positif menunjukkan bahwa hasil estimasi hujan pada model IMERG bersifat overestimate. Sementara itu, nilai rata-rata MAE adalah sebesar 30,36 milimeter dan rata-rata RMSE adalah sebesar 47,63 milimeter. Nilai rata-rata bias sebesar 1,29 milimeter dengan nilai bias relatif sebesar 29%. Rata-rata koefisien korelasi sebesar 0,64 dengan korelasi tertinggi yaitu pada pos hujan Sekotong sebesar 0,85 dan RMSE 35,59 milimeter. Hasil analisis data 10 harian menggunakan metode statistik disajikan pada tabel 5

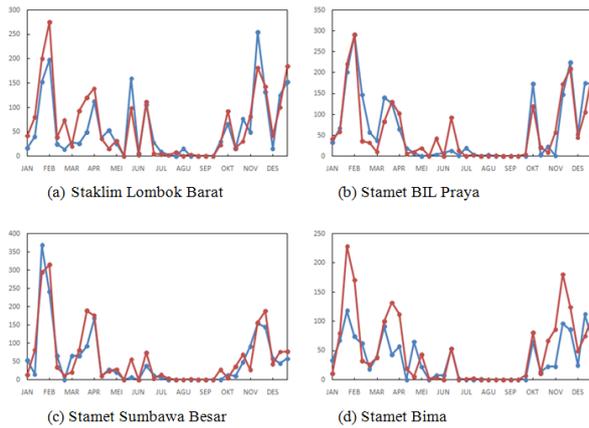
Tabel 5. Hasil analisis statistik data hujan 10 harian GPM-IMERG VS Data Observasi Sinoptik

No	Lokasi	RMSE (mm)	MAE (mm)	Bias (mm)	Mbias	Rbias	r
1	KEDIRI	34.39	24.76	7.70	1.14	0.14	0.76
2	STAMET_BIL	33.66	21.85	-2.31	0.96	-0.04	0.82
3	STAMET_SBW	34.65	23.44	7.38	1.14	0.14	0.83
4	STAMET_BIMA	39.89	25.40	16.14	1.46	0.46	0.67
5	CAKRANEGARA	43.52	33.55	1.61	1.02	0.02	0.61
6	SIGERONGAN	51.23	32.79	3.92	1.06	0.06	0.51
7	SEKOTONG	35.59	20.06	-8.98	0.84	-0.16	0.85
8	TANJUNG	48.43	31.26	28.06	1.65	0.65	0.80
9	MUJUR	36.18	25.17	6.34	1.12	0.12	0.79
10	PRAYA	49.92	33.47	-7.22	0.90	-0.10	0.70
11	KOPANG	34.70	24.80	1.45	1.02	0.02	0.76
12	SEMBALUN	69.62	41.51	2.84	1.04	0.04	0.73
13	SIKUR	43.33	26.53	12.05	1.25	0.25	0.69
14	SUKAMULIA	55.54	32.54	7.96	1.16	0.16	0.54
15	JEROWARU	49.48	30.05	18.47	1.48	0.48	0.64
16	AIKMEL	52.45	29.58	12.49	1.24	0.24	0.58
17	KOTARAJA	48.92	33.18	14.26	1.26	0.26	0.66
18	LENANGGUAR	56.63	40.47	0.11	1.00	0.00	0.40
19	TANO	64.47	38.15	28.25	1.94	0.94	0.41
20	ALAS	54.76	36.03	27.71	1.74	0.74	0.62
21	UTAN	55.22	35.61	34.27	2.26	1.26	0.74
22	LAB_BADAS	37.76	25.08	14.43	1.31	0.31	0.80
23	LAPE	69.72	45.12	23.24	1.59	0.59	0.45
24	PLAMPANG	77.29	41.38	-1.99	0.97	-0.03	0.37
25	EMPANG	42.81	28.28	7.18	1.16	0.16	0.57
26	MANGGALEWA	42.39	26.47	-2.38	0.96	-0.04	0.53

27	HUU	44.94	26.24	14.65	1.39	0.39	0.59
28	SANGGAR	52.89	35.57	18.07	1.46	0.46	0.47
29	RASANA	38.04	24.15	-0.19	1.00	0.00	0.61
30	RABA	33.92	20.65	15.56	1.43	0.43	0.72
31	SAPE	44.29	27.96	20.27	1.92	0.92	0.51

11	KOPANG	0.78	0.27	0.60	0.80	1.07
12	SEMBALUN	0.79	0.51	0.44	0.67	1.60
13	SIKUR	0.80	0.55	0.41	0.67	1.77
14	SUKAMULIA	0.90	0.43	0.53	0.79	1.58
15	JEROWARU	0.77	0.44	0.48	0.78	1.37
16	AIKMEL	0.88	0.42	0.54	0.77	1.52
17	KOTARAJA	0.86	0.45	0.50	0.74	1.56
18	LENANGGUAR	0.57	0.45	0.39	0.62	1.05
19	TANO	0.71	0.63	0.32	0.68	1.91
20	ALAS	0.70	0.51	0.41	0.70	1.43
21	UTAN	0.74	0.66	0.31	0.68	2.17
22	LAB_BADAS	0.86	0.57	0.40	0.75	2.00
23	LAPE	0.91	0.43	0.54	0.81	1.61
24	PLAMPANG	0.82	0.37	0.56	0.80	1.30
25	EMPANG	0.78	0.41	0.51	0.77	1.32
26	MANGGALEWA	0.75	0.27	0.59	0.81	1.04
27	HUU	0.76	0.31	0.57	0.82	1.11
28	SANGGAR	0.75	0.61	0.34	0.66	1.95
29	RASANA	0.74	0.47	0.45	0.76	1.39
30	RABA	0.73	0.39	0.50	0.78	1.19
31	SAPE	0.65	0.66	0.29	0.73	1.90

Gambar 4 menampilkan grafik perbandingan data model IMERG dibandingkan dengan data observasi dari Stasiun pengamatan cuaca BMKG yang ada di NTB. Garis merah menunjukkan data hujan dasarian dari model GPM-IMERG dan garis biru menunjukkan data hujan dasarian dari hasil observasi alat pengukur hujan yang ada di stasiun BMKG.



Gambar 4. Grafik Perbandingan data hujan dasarian antara GPM-IMERG dan data Observasi di UPT BMKG Provinsi NTB.

C. Analisis Kategorikal

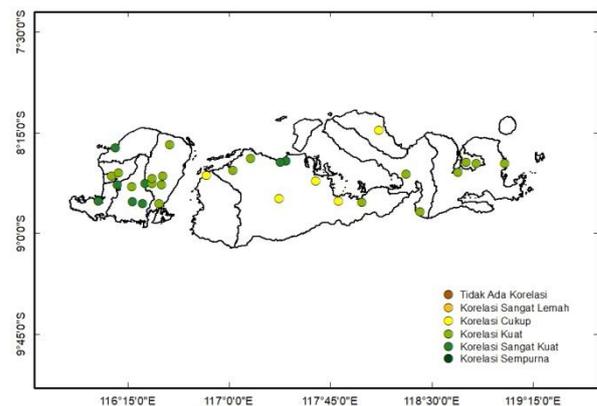
Analisis secara kategorikal dilakukan untuk melihat sejauh mana estimasi model IMERG dalam menentukan kejadian hujan dan tidak hujan. Berdasarkan hasil tabel kontingensi untuk analisis kategorikal didapatkan hasil nilai probability of detection (POD) rata-rata sebesar 0.78, ini artinya dari hasil frekuensi kejadian terjadi hujan berdasarkan data observasi dan data model adalah 78 persen. Nilai rata-rata false alarm rate (FAR) adalah sebesar 0.45, Nilai rata-rata critical success index (CSI) adalah 0.48, sementara untuk rata-rata nilai akurasi dari data model adalah sebesar 0.75 dengan nilai bias sebesar 1.46.

Tabel 6. Hasil analisis kategorikal data GPM-IMERG vs Data Observasi

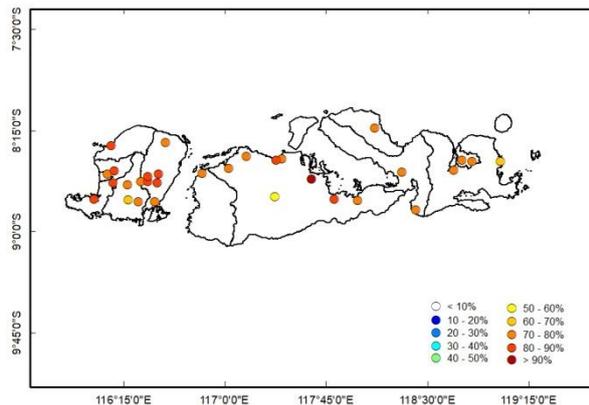
No	Lokasi	POD	FAR	CSI	Accu	Bias
1	KEDIRI	0.81	0.27	0.63	0.82	1.11
2	STAMET_BIL	0.69	0.42	0.46	0.73	1.18
3	STAMET_SBW	0.80	0.39	0.53	0.79	1.30
4	STAMET_BIMA	0.73	0.38	0.50	0.77	1.19
5	CAKRANEGARA	0.80	0.35	0.56	0.77	1.22
6	SIGERONGAN	0.84	0.43	0.51	0.76	1.48
7	SEKOTONG	0.84	0.48	0.47	0.77	1.63
8	TANJUNG	0.89	0.46	0.50	0.77	1.65
9	MUJUR	0.77	0.46	0.46	0.78	1.43
10	PRAYA	0.77	0.36	0.53	0.76	1.20

D. Hasil Analisis Spasial

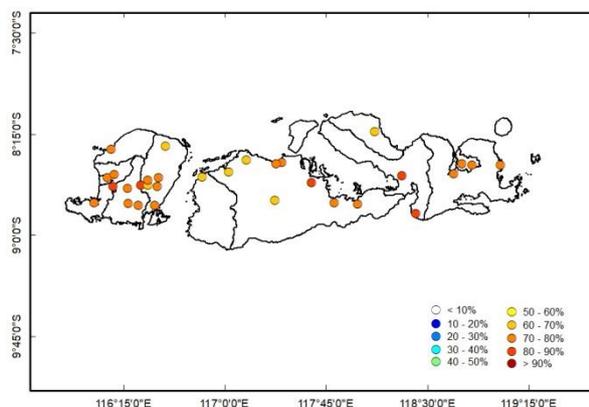
Analisis secara spasial dilakukan untuk melihat kehandalan data GPM-IMERG di setiap lokasi penelitian baik secara statistik maupun secara kategorikal. Dari hasil analisis korelasi (gambar 5) dapat dilihat bahwa untuk provinsi NTB terutama pulau Lombok didominasi korelasi kuat hingga sangat kuat. Korelasi dengan kategori cukup terjadi di beberapa pos di pulau Sumbawa, namun umumnya didominasi korelasi kuat hingga sangat kuat. Dari hasil analisis Probability of Detection (POD) (gambar 6) didominasi nilai 70% hingga 90%. Sementara untuk akurasi GPM-IMERG (gambar 7) bernilai 60% sampai 90% namun didominasi 70% sampai 90%.



Gambar 5. Peta analisis korelasi antara data GPM-IMERG dan data observasi.



Gambar 6. Peta analisis *Probability of Detection* (POD) data GPM-IMERG



Gambar 7. Peta analisis kategorikal akurasi data GPM-IMERG.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis statistik data hujan dasarian didapatkan bahwa terdapat korelasi yang cukup tinggi antara data hujan dari model GPM-IMERG dan data hujan observasi di 31 pos hujan yang ada di provinsi Nusa Tenggara Barat yaitu dengan nilai korelasi rata-rata sebesar 0,64 atau terjadi korelasi yang kuat antara data IMERG dan data observasi. Korelasi tertinggi terjadi di wilayah Sekotong dengan nilai korelasi sebesar 0,85. Nilai korelasi dengan kategori sangat kuat juga terjadi di Kediri, Stamet BIL, Stamet Sumbawa, Tanjung, Mujur, Kopang, dan Labuhan Badas yaitu 0,76 sampai 0,84. Namun untuk data harian nilai korelasi rata-rata adalah 0,27 atau terjadi korelasi dengan kategori sangat lemah antara data IMERG dan data observasi. Untuk analisis secara kategorikal juga mendapatkan nilai yang cukup baik yaitu dengan nilai akurasi rata-rata sebesar 0,75. Dan nilai POD sebesar 0,78. Nilai akurasi tertinggi terjadi di wilayah Kediri yaitu dari data Stasiun Klimatologi Lombok Barat sebesar 0,82.

Berdasarkan hasil ini, maka data GPM-IMERG dapat dipertimbangkan untuk dijadikan sebagai referensi data hujan untuk dapat digunakan sebagai inputan dalam melakukan analisis.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (n.d.). *Sejarah BMKG*. Retrieved from <https://www.bmkg.go.id/profil?p=sejarah>
- [2] Huffman, G.J., Bolvin, D.T., & Nelkin, E.J. (2017). *Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) Technical Documentation*. NASA: IMERG Tech Document.
- [3] Huffman, G.J. et al. (2015). *Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 4.5: NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG)*. NASA: Greenbelt, MD, USA.
- [4] National Aeronautics and Space Administration. (2015). *Global Precipitation Measurement Core Observatory*. NASA: GPM Mision Brochure.
- [5] Sharifi, E., Steinacker, R., & Saghafian, B. (2016). Assessment of GPM-IMERG and Other Precipitation Products against Gauge Data under Different Topographic and Climatic Conditions in Iran. *Remote Sensing*, vol. 8, pp. 135. doi: 10.3390/rs8020135.
- [6] Tan, M.L., & Duan, Z. (2017). Assessment of GPM- and TRMM Precipitation Products Singapore. *Remote Sensing*, vol. 9, pp. 720. doi: 10.3390/rs9070720.
- [7] Sungmin, O. et al. (2017). Evaluation of GPM-IMERG Early, Late, and Final Rainfall Estimates Using WegerNet Gauge Data in Southeastern Austria. *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 21, pp. 6559-6572. doi: 10.5194.
- [8] Yuan, F. et al. (2017). Assessment of GPM and TRMM Multi-Satellite Precipitation Products in Streamflow Simulations in a Data-Sparse Mountainous Watershed in Myanmar. *Remote Sensing*, vol. 9, pp. 302. doi: 10.3390/rs9030302.
- [9] Rios Gaona, M.F., Overeem, A., Leijnse, H., & Uijlenhoet, R. (2016). First-year Evaluation of GPM Rainfall Over The Netherland: IMERG day 1 final run (V03D). *Journal of Hydrometeorology*, vol. 17(11), pp. 2799-2814. doi: 10.1175/JHM-D-16-0087.1.
- [10] Sun, W. et al. (2018). Evaluation and Correction of GPM IMERG Precipitation Products over the Capital Circle in Northeast China at Multiple Spatiotemporal Scales. *Advances in Meteorology*, vol. 2018(4714173). doi: 10.1155/2018/4714173.
- [11] Azka, M.A., Sugiantoro, P.A., Silitonga, A.K., & Redha, I. (2018). Uji Akurasi Produk Curah Hujan Satelit GPM IMERG di Surabaya Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, vol.19 No.2, pp 83-88. doi: 10.29122/jstmc.v19i2.
- [12] Sarwono, J. (2009). *Statistik Itu Mudah: Panduan Lengkap untuk Belajar Komputasi Statistik Menggunakan SPSS 16*. Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

ANALISIS TINGKAT KENYAMAN TERMAL DI KOTA PALEMBANG BERDASARKAN INDEX THI (TEMPERATURE HUMIDITY INDEX)

ANALYSIS OF THERMAL COMFORT LEVEL IN PALEMBANG CITY BASED ON THI (TEMPERATURE HUMIDITY INDEX)

Shelin Melinda^{1*}, Nuryanto^{1*}, Budi Satria^{2*}

^{1,2}Stasiun Pemantau Atmosfer Global Puncak Vihara Klademak Sorong

*E-mail: shelinmelinda176@gmail.com

Naskah masuk: 18 Mei 2021

Naskah diperbaiki: 30 Agustus 2021

Naskah diterima: 22 Juni 2022

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk di Kota Palembang provinsi Sumatera Selatan semakin meningkat dari data statistik menunjukkan terjadi peningkatan penduduk tahun 2020 menjadi 1.868.848 jiwa. Peningkatan jumlah penduduk menjadi salah satu pemicu terjadinya perluasan lahan dalam pembangunan seperti pemukiman penduduk dan membuat ruang terbuka hijau berkurang. Peningkatan jumlah penduduk dan perluasan lahan di kota Palembang tanpa diikuti keseimbangan dari lingkungan akan menimbulkan pemanasan perkotaan yang disebabkan oleh perubahan atau peningkatan suhu udara yang menyebabkan ketidaknyamanan disuatu wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana tingkat kenyamanan termal serta kecenderungannya di Kota Palembang dengan menggunakan indeks THI. Dalam penelitian ini menggunakan dua variable iklim untuk menghitung indeks THI, yaitu suhu udara rata-rata harian dan kelembaban relatif harian selama periode 1991 – 2020 dari Stasiun BMKG Klimatologi Palembang. Berdasarkan hasil indeks THI, secara umum tingkat kenyamanan didominasi oleh kategori sebagian nyaman sebanyak 73.9% atau 270 hari/tahun dan kecendrungan THI setiap tahunnya mengalami peningkatan dengan peningkatan suhunya sebesar 0.03°C/tahun.

Kata kunci: Tingkat Kenyamanan Termal, Temperature Humidity Index, Pertumbuhan Penduduk

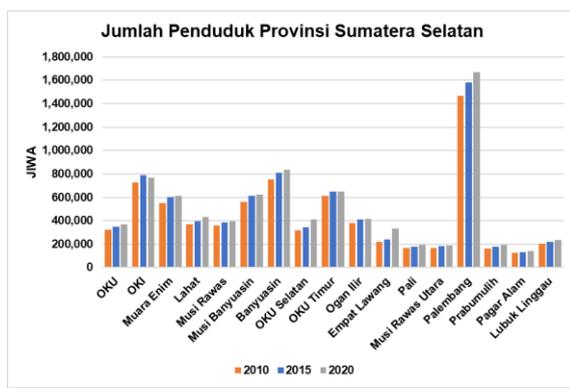
ABSTRACT

Population growth in Palembang, South Sumatra Province is increasing, statistical data shows an increase in the population in 2020 to 1,868,848 people. The increase in population is one of the triggers for land expansion in development, such as residential areas and a reduction in urban green spaces. The increase in population and land expansion in Palembang without being balanced with the environmental balance will cause urban warming caused by changes or increases in air temperature which causes discomfort in an area. This study aims to determine how the level of thermal comfort and its tendency in Palembang using the THI index. In this study, two climate variables were used to calculate the THI index, namely daily average air temperature and daily relative humidity during the period 1991 - 2020 from the Palembang Climatology BMKG Station. Based on the results of the THI index, in general the comfort level is dominated by the partial comfort category as much as 73.9% or 270 days / year and the THI tends to increase every year with an increase in temperature of 0.03 ° C / year.

Keywords: Thermal Comfort Level, Temperature Humidity Index, Population Growth

1. Pendahuluan

Kota Palembang sebagai ibu kota Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu kota yang memiliki jumlah penduduk yang cukup padat dan terjadi peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya. Hal ini dapat diketahui berdasarkan data statistik, dimana kota Palembang memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.668.848 Jiwa pada tahun 2020 [1]. Berdasarkan Gambar 1 jumlah penduduk yang dimiliki kota Palembang cenderung lebih banyak atau padat dibandingkan kota/kabupaten lainnya pada tahun 2010, 2015, hingga 2020 dan terjadi peningkatan jumlah penduduk selama periode tersebut.



Gambar 1. Jumlah Penduduk Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2010, 2015 dan 2020 (Sumber: Bps Sumatera Selatan 2021)

Peningkatan jumlah penduduk dalam suatu kota akan membutuhkan pembangunan diberbagai sektor. Dalam hal pembangunan diberbagai sektor tersebut, akan mengakibatkan pengurangan ruang terbuka hijau (RTH) dan masalah terutama untuk lingkungan dan sosial. RTH merupakan area penggunaan terbuka yang ditumbuhi oleh beragam jenis vegetasi kawasan RTH memiliki fungsi yang cukup banyak bagi makhluk hidup [2].

Selain itu penggunaan atau perluasan lahan di kota atau wilayah seperti pemukiman, perkantoran dan pusat industri juga dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Semakin meningkatnya area terbangun dan berkurangnya lahan hijau dan vegetasi maka dapat meningkatkan terjadinya peningkatan suhu udara di wilayah tersebut [3].

Peningkatan jumlah penduduk dan perluasan lahan di perkotaan tanpa diikuti keseimbangan dari lingkungan akan menimbulkan pemanasan perkotaan seperti fenomena *Urban Heat Island*

(UHI) [4]. Kondisi UHI ini akan menyebabkan terjadinya perubahan suhu udara pada wilayah yang mengalami penurunan RTH [4].

Perubahan suhu udara yang terus meningkat akan mempengaruhi kenyamanan manusia [5]. Kenyamanan termal manusia dikedepankan terutama wilayah yang beriklim tropis. Wilayah beriklim tropis cenderung akan memiliki kelembaban tinggi dan suhu tinggi yang diakibatkan dari besarnya radiasi matahari, yang mengakibatkan rasa panas, berkeringat atau tidak nyaman sehingga dapat mengganggu aktivitas di luar ruangan [3;6]. Dengan adanya kelembaban dan suhu udara yang relatif tinggi inilah membuat situasi menjadi tidak nyaman secara termal bagi tubuh manusia.

Menurut [7], tingkat kenyamanan termal dipengaruhi oleh suhu udara dan kelembaban udara, perubahan kelembaban udara mengikuti pola perubahan suhu, jika suhu menurun maka kelembaban akan meningkat dan sebaliknya. Tingkat kenyamanan termal yang dirasakan setiap orang sangat berkaitan dengan kondisi fisik dan mental seseorang [8], suhu udara dan kelembaban yang berlebihan dapat menyebabkan sensasi ketidaknyamanan dan terkadang mengalami tingkat stress yang cukup tinggi untuk tubuh kita [9].

Untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal suatu daerah digunakan suatu metode salah satunya *Temperature Heat Index (THI)*. Metode ini merupakan salah satu metode untuk mengetahui tingkat kenyamanan makhluk hidup melalui dua parameter yaitu suhu dan kelembaban relatif [10]. THI pertama kali ditemukan oleh Thom tahun 1959 dan dilakukan penyesuaian untuk wilayah tropis oleh Nieuwolt tahun 1977 [4].

Dari beberapa studi sebelumnya mengenai pengukuran tingkat kenyamanan termal menggunakan metode THI di kota-kota besar seperti di DKI Jakarta, Menurut [4], tingkat kenyamanan di DKI Jakarta berdasarkan indeks THI menunjukkan semakin ke tengah kota semakin besar presentase tidak nyaman dan kecenderungan peningkatan indeks THI dengan signifikansi >50% dengan kondisi kenyamanan semakin tidak nyaman. Hal ini diakibatkan karena semakin meningkatnya perubahan penggunaan lahan menjadi lahan terbangun baik berupa pemukiman, industri, layanan kormesial maupun perkantoran.

Tingkat kenyamanan termal (THI) di Kota Semarang dari tahun 2009 – 2017 mengalami

perubahan. Tingkat kenyamanan Kota Semarang pada tahun 2009 secara umum berada pada kondisi Nyaman dengan rentang THI 20 – 24°C, kemudian tahun 2013 dan 2017 terjadi perubahan kenyamanan termal menjadi kategori Tidak Nyaman (terlalu panas) dengan nilai >26°C dengan nilai rata-rata sebesar 26.53°C [11].

Selain itu terdapat penelitian mengenai kenyamanan termal kota-kota besar di Pulau Sulawesi seperti Manado, Minahasa Utara, Gorontalo, Palu, Mamuju Dan Makassar, yang dilakukan penelitian oleh [12]. Dalam Penelitian [12] menyebutkan bahwa terjadi kecenderungan peningkatan indeks THI hampir di semua kota kecuali Makassar. Taraf signifikansi >50% terjadi di kota Manado dan minahasa utara sehingga tingkat kenyamanan dari tahun ke tahun semakin tidak nyaman di kedua kota tersebut. Tren peningkatan nilai THI di Sulawesi disebabkan oleh tingkat urbanisasi yang semakin pesat dan perubahan gangguan lahan vegetasi menjadi non vegetasi yang terbangun sehingga berkurangnya RTH.

Selanjutnya berdasarkan penelitian dari [13] mengenai tingkat kenyamanan di kota Manado dan wilayah peyangganya (Bitung, Minahasa Utara dan Minahasa) kondisi secara umum dengan kategori sebagian nyaman dengan nilai 59.97%. Taraf signifikansi >50% terjadi di kota Manado, Bitung dan Kabupaten Minahasa utara sehingga tingkat kenyamanan semakin tidak nyaman pada ke tiga kota tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal di Kota Palembang menggunakan THI (*Temperature Humidity Index*) secara harian dan kecenderungan tingkat kenyamanan dari tahun ke tahun. Kajian ini memiliki manfaat untuk perencanaan tata kota yang ramah lingkungan dan kota yang hijau. Informasi kenyamanan termal dapat memberikan perencanaan dan rancangan tata kota lingkungan di wilayah perkotaan dan informasi tersebut dapat membantu dalam perencanaan dan rancangan lingkungan yang sehat sehingga dapat menghasilkan peningkatan kesejahteraan penduduk di wilayah tersebut [14].

2. Metode Penelitian

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data suhu udara dan kelembaban udara relatif harian tahun 1991 – 2020 di BMKG Stasiun Klimatologi Palembang.

Metode

Analisa tingkat kenyamanan dinyatakan dalam indeks kenyamanan yaitu *Temperature Humidity Index* (THI) yang merupakan suatu indeks dengan derajat celcius [4]. Untuk menentukan tingkat kenyamanan termal di kota Palembang, dalam penelitian ini menggunakan formula yang telah di kembangkan oleh Nieuwolt (1977) pada persamaan (1).

$$THI = (0.8 \times T) + \left(\frac{RH \times T}{500} \right) \quad (1)$$

Dengan:

THI: Temperature Humidity Index (°C)

T: Suhu udara rata-rata (°C)

RH: Kelembaban Relatif rata-rata (%)

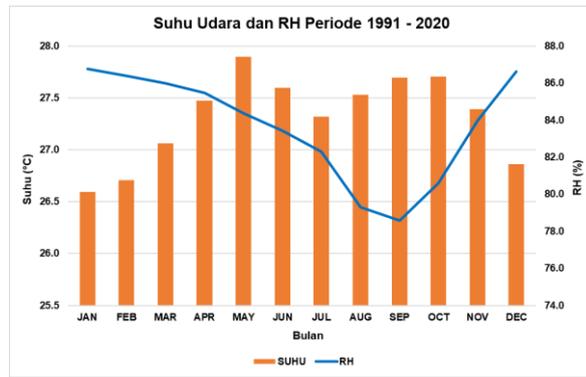
Klasifikasi batas kenyamanan menggunakan selang kenyamanan berdasarkan Nieuwolt S tahun 1977 dan Emmanuel R. tahun 2015 kemudian telah dimodifikasi untuk iklim tropis oleh Emmanuel tahun 2005 [12]. Pada iklim tropis 100% populasi menyatakan “Nyaman” jika nilai THI 21 – 24 °C, kemudian 50% populasi menyatakan “Merasa Nyaman” jika nilai THI 25 – 27 °C, dan 100 % populasi menyatakan “Tidak Nyaman” jika nilai THI >27 °C.

Selain melakukan analisis tingkat kenyamanan, dalam penelitian ini juga melakukan analisis kondisi suhu udara dan kelembaban relatif selama 30 tahun, pola THI bulanan, kecenderungan linier dan koefisien determinasi untuk melihat seberapa besar peningkatan dan penurunan THI dari tahun ke tahun selama 30 tahun (1991 – 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

Kondisi Suhu Udara dan Kelembaban Relatif di Palembang.

Berdasarkan data suhu udara di Stasiun Klimatologi Palembang periode 1991 – 2020 (Gambar 2), secara klimatologis suhu udara rata-rata berkisar 25.0°C – 28.0°C. Suhu udara tertinggi terjadi pada bulan Mei yaitu 27.9°C. sedangkan suhu udara terendah terjadi pada bulan Januari yaitu 26.6°C. Kemudian kondisi kelembaban relatif (RH) di kota Palembang selama 30 tahun rata-rata berkisar 74% - 85%. Kelembaban (RH) tertinggi terjadi pada bulan Desember sebesar 86% dan yang terendah terjadi pada bulan September sebesar 78%. Jika dilihat dari hubungan suhu udara dan RH di kota Palembang pada umumnya terbalik, artinya saat suhu udara tinggi maka RH nya rendah.



Gambar 2. Grafik Suhu Udara dan RH Periode 1991 – 2020.

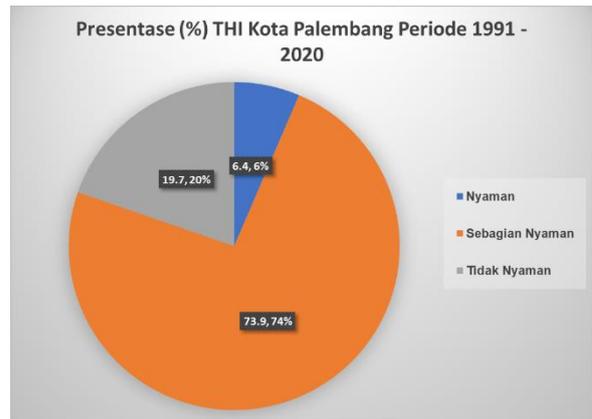
Analisis Tingkat Kenyamanan Termal di Kota Palembang

Analisis tingkat kenyamanan termal di Kota Palembang dalam hal ini menggunakan formula Nieuwolt (1997), dan untuk mendapatkan hasil THI diperlukan data cuaca dari Stasiun Klimatologi Palembang berupa data suhu udara dan kelembaban (RH) rata-rata harian. Berdasarkan perhitungan (Tabel 1 dan Gambar 3) diperoleh nilai prosentase frekuensi kejadian tingkat kenyamanan yang dikategorikan menjadi tiga tingkat kenyamanan yaitu **Nyaman**, **Sebagian Nyaman** dan **Tidak Nyaman**.

Berdasarkan hasil statistik (Tabel 1) dapat diketahui bahwa tingkat kenyamanan harian di Kota Palembang menunjukkan kategori Nyaman sebesar 6.4% atau 23 hari/tahun, kemudian untuk kategori Sebagian Nyaman sebanyak 73.9% atau 270 hari/tahun, sedangkan untuk kategori Tidak Nyaman sebanyak 19.7% atau 72 hari/tahun.

Tabel 1. Prosentase Frekuensi Harian Tingkat Kenyamanan di Kota Palembang Periode (1991 – 2020).

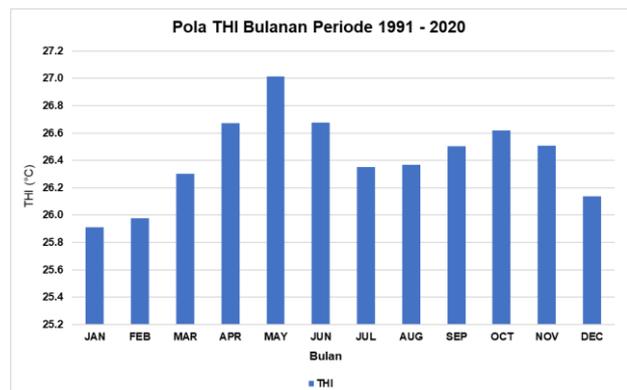
THI (°C)	Kategori	Prosentase (%)
21 - 24	Nyaman	6.4
25 - 27	Sebagian Nyaman	73.9
> 27	Tidak Nyaman	19.7
Jumlah		100.0



Gambar 3. Diagram Tingkat Kenyamanan Kota Palembang Periode 1991 – 2020.

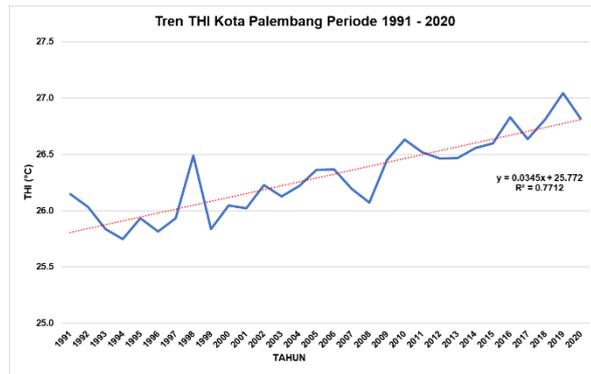
Berdasarkan hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa tingkat kenyamanan dengan kategori Nyaman yang dirasakan oleh seluruh populasi (100%) di Kota Palembang memiliki prosentase yang sangat kecil dari prosentase Sebagian Nyaman.

Nilai THI bulanan rata-rata pada periode 1991 - 2020 (Gambar 4) menunjukkan pola yang bimodal dengan puncak pada bulan Mei dan Oktober. Nilai THI terendah terjadi pada bulan Januari. Sedangkan nilai THI paling tinggi terjadi pada bulan Mei. Hal ini sesuai dengan pola yang ditunjukkan oleh suhu udara kota Palembang.



Gambar 4. Pola THI Bulanan Kota Palembang Periode 1991 – 2020.

Berdasarkan Gambar 5, nilai THI cenderung meningkat dari tahun 1991 – 2020 dengan peningkatan setiap tahunnya sebesar 0.03°C/tahun atau 0.3°C/10 tahunnya. Terjadinya laju peningkatan THI ini bisa saja disebabkan oleh laju pertumbuhan penduduk di wilayah tersebut.



Gambar 5. Tren THI di Kota Palembang Periode 1991 - 2020.

4. Kesimpulan

Secara umum berdasarkan data iklim (suhu udara dan kelembaban) periode tahun 1991-2020 di Kota Palembang, hasil penelitian menunjukkan rata-rata prosentase tingkat kenyamanan sebanyak 73.9% atau 270 hari/tahun dengan kategori sebagian nyaman. Nilai THI bulanan pada periode 1991 – 2020 berkisar antara 25.9 – 27 OC dan nilai THI tahunan selama 30 tahun berada dikasaran 25.7 – 27 OC.

Berdasarkan tren THI kota Palembang selama periode 1991 – 2020 nilai THI akan berpotensi terus meningkat, hal ini bisa saja disebabkan oleh laju pertumbuhan penduduk di wilayah tersebut yang menimbulkan perubahan tutupan lahan.

Perubahan luasan tutupan lahan juga akan berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan termal (THI), semakin bertambahnya luasan lahan terbangun, berkurangnya lahan vegetasi dan lahan terbuka maka akan meningkatkan nilai kenyamanan termal. Meningkatnya suatu nilai THI maka akan menunjukkan kondisi yang tidak nyaman bagi manusia [9]. Oleh karena itu untuk perencanaan kota perlu mempertimbangkan mitigasi yang adaptif, salah satunya dengan meningkatkan RTH di sekitar kota [15].

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, Sumatera Selatan (2021, April 01), <https://sumsel.bps.go.id/indicator/12/262/1/jumlah-penduduk.html>
- [2] Santi, Belinda, S., Rianty, H., & Aspin. (2019). Identifikasi Iklim Mikro dan Kenyamanan Termal Ruang Terbuka Hijau di Kendari. *NALARs*, 18(1), 23–34. <https://doi.org/10.24853/nalars.18.1.23-34>
- [3] Santi, Siti, B. Hapsa, R. Aspin. (2019). Identifikasi Iklim Mikro dan Kenyamanan Termal Ruang Terbuka Hijau di Kendari. *Jurnal Arsitektur*. 2019 Januari; Vol. 18 No.1 :23-34

- [4] Wati, T. & Fatkhuroyan. (2017). Analisis Tingkat Kenyamanan Di DKI Jakarta Berdasarkan Indeks THI (Temperature Humidity Index). *Jurnal Ilmu Lingkungan* Vol. 15 Issue 1 (2017): 57-63. Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDP. Semarang.
- [5] T. Honjo. (2009). Thermal Comfort in Outdoor environment. *Global environment research*, 13, 43-47
- [6] Sangkertadi. (2013). *Kenyamanan Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab*. Bandung: Alfabeta.
- [7] Naresha P. S., Agus S., Dian I., dan Irwan S. B. (2020). Analisis Tingkat Kenyamanan Ruang Terbuka Hijau Di Universitas Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Konversi 2020*. ISSN 978-602-0806-38-1
- [8] Danca P, Vartires A, Dogeanu A. (2016). An Overview of Current Methods for Thermal Comfort Assessment in Vehicle Cabin. *Energy Procedia* 2016; 85:162–169.
- [9] Abdel-Ghany, AM., Al-Helal, IM., Shady MR. (2013). Human Thermal Comfort and Heat Stress in an Outdoor Urban Arid Environment. a case study; *Adv Meteorol*.
- [10] Siva D. A., Siti M. K. (2021) Tingkat Kenyamanan Termal Ruang Terbuka Hijau Dengan Pendekatan Temperature Humidity Index (THI). *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*. Volume 4, Nomor 1, Juni 2021. e-ISSN: 2598-7453.
- [11] Andani, N. D., Sasmito, B. Hani'ah. (2018). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Fenomena Urban Heat Island dan Keterkaitannya dengan Tingkat Kenyamanan Termal (Temperature Humidity Index) di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi UNDP*. 2018; Vol. 7 No. 3
- [12] F.Marshita, B, W.Pattipelo, J, Virgianto, R.H. (2019). Kenyamanan Termal Klimatologis Kota-Kota Besar Di Pulau Sulawesi Berdasarkan Temperature Humidity Index (THI). *Jurnal Saintika UNPAD*. 2019 Januari; Vol. 1 No. 2
- [13] Kurnia, G.W dan Widiyanto, S. (2020). Analisis Tingkat Kenyamanan di Kota Manado dan Wilayah Penyangganya Berdasarkan Indeks THI (Temperature Humidity Index). *Megasains*; 2020 Vol. 11, No.2, 36-41.
- [14] Dou Y. (2014) *The Influence of Urban Planning on Urban Thermal Comfort*. Master Thesis, Wageningen University, the Netherlands; 2014.
- [15] Njoku A. C dan Daramola M. T. (2019). Human Outdoor Thermal Comfort Assessment in a Tropical Region: A Case Study. *Earth Systems and Environment*, 2019 Feb 09.

ESTIMASI MODEL PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM UNTUK SUMBER GEMPABUMI DI *INTERFACE* DAN *INTRA-SLAB* SUBDUKSI UNTUK JENIS TANAH LUNAK DI KOTA PADANG MENGGUNAKAN MODEL ATTENUASI LIN DAN LEE

ESTIMATION MODEL PEAK GROUND ACCELERATION MAXIMUM (PGA max) FOR EARTHQUAKE SOURCE ON INTERFACE AND INTRA-SLAB SUBDUCTION FOR SOFT SOIL AT PADANG CITY USING LIN AND LEE ATTENUATION MODEL

Furqon Dawam Raharjo^{1*}, Angga Wijaya²

¹Bidang Seismologi Teknik, BMKG Pusat Jakarta, Jl. Angkasa I, Kemayoran, Jakarta Pusat

²Bidang Manajemen Operasi Seismologi Teknik, BMKG Pusat Jakarta, Jl. Angkasa I, Kemayoran, Jakarta Pusat

*E-mail: furqonpalestine@gmail.com

Naskah masuk: 21 Juli 2021 Naskah diperbaiki: 8 Maret 2022 Naskah diterima: 21 Juni 2022

ABSTRAK

Parameter informasi percepatan getaran tanah maksimum memegang peranan penting untuk mengetahui tingkat resiko bahaya kegempaan di suatu wilayah salah satunya di Kota Padang. Sumber kegempaan di Kota Padang meliputi zona megathrust (*interface subduction*) dan zona Benioff (*Intraplate subduction*). Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan estimasi model percepatan getaran tanah maksimum (PGAmax) akibat gempabumi yang bersumber di zona *interface subduction* dan *Intraplate subduction*. Analisis yang dilakukan adalah menghitung nilai PGAmax disetiap titik grid menggunakan persamaan atenuasi Lin dan Lee (2008) pada kondisi tanah lunak. Hasil analisis penelitian ini menunjukkan percepatan tanah maksimum (PGAmax) untuk sumber gempabumi *interface subduction* berkisar 0.0424 g hingga 0.0457 g, sedangkan di *intra-slab subduction* berkisar 0.0956 g hingga 0.1146 g. Nilai PGA yang relatif lebih tinggi yang bersumber dari *interface subduction* terjadi di Koto Tengah, Nanggalo, sebagian Padang Utara, Padang Barat, Padang Selatan, Lubuk Begalung dan Bungus sedangkan untuk sumber *Intraplate subduction* terjadi di Koto Tengah, Kuranji, Nanggalo dan sebagian di Padang Utara dan Padang Barat.

Kata kunci: Percepatan getaran tanah, *interface* dan *intraslab subduction*, tanah lunak

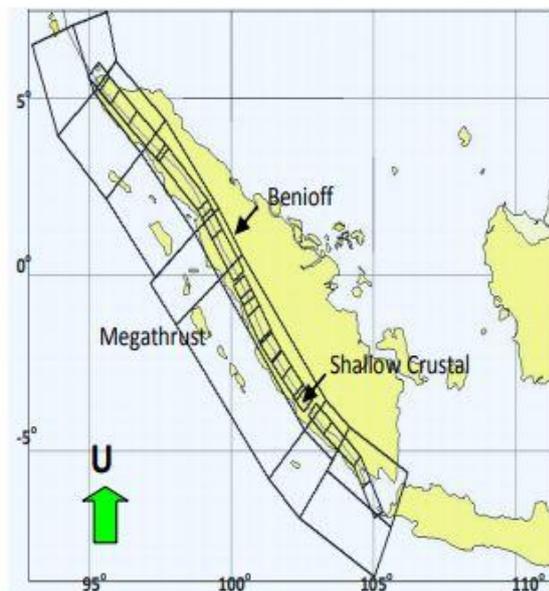
ABSTRACT

The information parameter of peak ground acceleration plays an important role to determine the level of seismic hazard risk in an area, one of which is in the Padang city. The sources of earthquakes in Padang city include the megathrust zone (*interface*) and Benioff zone (*Intraplate*). The purpose of this paper to determine estimation model peak ground acceleration maximum (PGA max) due to earthquake sources in the *interface* and *intraslab* subduction. The analysis involved to calculate PGAmax at each grid point using Lin & Lee attenuation on soft soil condition. Results of the analysis showed PGA max for earthquake source at *interface subduction* range from 0.0424 g to 0.0457 g, while for *intra-slab subduction* it range 0.0956 g to 0.1146 g. The PGA max are relatively higher for *interface subduction* occurred in Koto Tengah, Nanggalo, parts of North Padang, West Padang, South Padang, Lubuk Begalung and Bungus. While for *intra-slab* subduction occurred in Koto Tengah, Kuranji, Nanggalo, parts of North Padang and West Padang.

Keywords: Peak Ground Acceleration (PGA), *Interface* and *Intra-Slab Subduction*, and Soft Soil.

1. Pendahuluan

Kota Padang merupakan salah satu kota di Indonesia yang rawan terhadap bencana gempabumi dan tsunami, karena letaknya sangat dekat dengan pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia dan juga terdapat adanya sesar aktif Mentawai. Dengan kondisi tektonik aktif ini menyebabkan tingginya aktivitas kegempaan dan berpotensi terjadinya gempabumi kuat dan merusak. Gempabumi kuat dan merusak dapat disebabkan karena aktivitas tektonik sumber gempa subduksi antar muka (*interface subduction*), zona benioff (*intra-slab*) dan sesar aktif.



Gambar 1. Sumber gempabumi *Interface* dan *Intraslab* subduksi [10].

Gempa subduksi antar-muka (*interface subduction*) adalah gempa-gempa yang terjadi pada zona *megathrust*, sedangkan gempa bumi subduksi *intra-Slab* adalah gempa-gempa yang berada di zona *benioff*. Sejarah mencatat ada beberapa *event* gempa bumi kuat yang terjadi di subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-Slab* di Kota Padang antara lain : gempa bumi *interface* tahun 2005 dengan Mw 6.7, gempabumi *intra Slab / benioff* tahun 2009 Mw7.9 dan gempa bumi *interface* dan tsunami Pagai Selatan tahun 2010 Mw7.2. Semua *event* gempa bumi kuat dan merusak ini memberikan kontribusi getaran tanah yang kuat sehingga ada beberapa bangunan rumah, gedung-gedung dan infrastruktur di Kota Padang mengalami kerusakan (*collapse*).

Tingkat besarnya getaran tanah di suatu wilayah dapat ditentukan dengan percepatan tanah maksimum. Percepatan getaran tanah adalah suatu parameter yang menggambarkan kerusakan akibat gempa bumi, semakin besar nilai percepatan getaran tanah maka semakin kuat getaran tanahnya [6]. Satuan percepatan getaran tanah yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah g atau % g . ($1 g = 9.8 m/s^2$).

Tabel 1. Percepatan tanah dengan intensitas gempabumi [12].

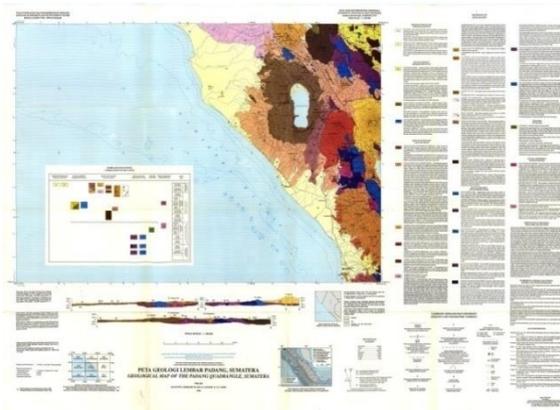
< 0.05	None	Not left	I
0.3	None	Weak	II-III
2.8	None	Light	IV
6.2	Very light	Moderate	V
12	Light	Strong	VI
22	Moderate	Very strong	VII

percepatan getaran tanah tergantung dari jarak hiposenter, magnitudo gempabumi, klasifikasi jenis tanah (*site class*) dan keadaan geologi local (*site local effect*). Percepatan tanah pada kondisi tanah lunak (*soft soil*) memiliki kecepatan gelombang geser $V_{s30} < 175 m$.

Menurut [4], kondisi geologi di Kota Padang secara litologi terdiri dari tiga masa pembentukan batuan yaitu tersier, kuartar dan pratersier yang tersusun sebagai berikut :

1. Qal (alluvium) pada umumnya tersusun atas batu kerikil, pasir, lempung dan lumpur biasanya dapat dijumpai didaerah aliran sungai, endapan danau, pantai.
2. QF (Kipas Alluvium) terdiri dari sedimen yang terbentuk dari batuan andesit yang berasal dari gunung api strato kipas alluvium mengandung lempung, lanau dan pasir.
3. QTt (Tuff Kristal) merupakan pecahan batuan berukuran kerakal yang mengandung mineral teran, andesit, kaca, dan pasir gunung api.
4. Qtau (aliran yang takteruraikan) merupakan batuan yang berkomponen breksi gunung api, konglomerat, tuff lava, anglomerat dan lahar.

5. Qta (Andesit dan Tuff) merupakan jenis batuan gunung api yang terdiri dari andesit dan sebagian tuff



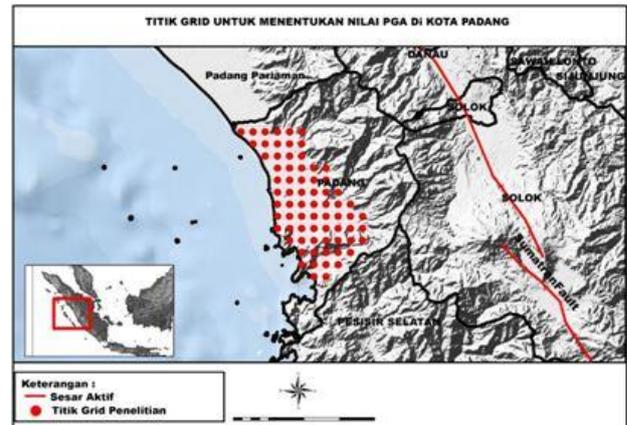
Gambar 2. Geologi lembar Padang dan Sekitarnya[4]

Analisis estimasi percepatan tanah maksimum dalam studi ini berdasarkan dari data seismisitas yang terjadi di wilayah Kota Padang dan sekitarnya menggunakan model persamaan attenuasi [5] untuk kondisi tanah lunak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan percepatan tanah maksimum akibat *event* gempa yang terjadi di subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* pada jenis tanah lunak, serta untuk memetakan wilayah di Kota Padang yang memiliki tingkat resiko bahaya kegempaan yang tinggi berdasarkan dari nilai percepatan tanah dan sebagai upaya untuk meminimalisir kerusakan bangunan.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data katalog gempabumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* yang terjadi di Kota Padang dan sekitarnya dengan koordinat 95 BT – 104 BT dan 2 LS – 4 LS. Data kata log gempabumi bersumber dari USGS dan BMKG dari tahun 1963 sampai dengan 2018. Magnitudo yang digunakan magnitudo 4.0 sampai dengan magnitudo 9.0 dengan kedalaman hiposenter untuk sumber gempabumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) yakni 4 km hingga 30 km dan *intra-slab* yakni 44 km hingga 161 km.

Metodologi pada penelitian ini adalah membuat titik grid di wilayah Kota Padang. Titik grid dilakukan agar nilai estimasi percepatan tanah maksimum dapat mencakup seluruh wilayah di Kota Padang dan sekitarnya. Dimana tiap titik grid didalamnya terdapat suatu nilai percepatan tanah.



Gambar 3. Peta Titik – titik grid untuk penentuan nilai PGA maksimum di wilayah Kota Padang dan sekitarnya.

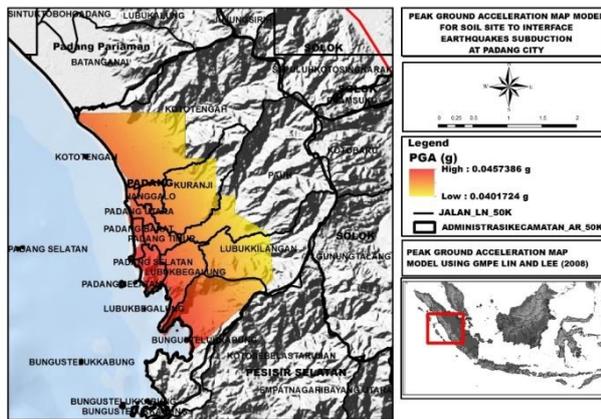
Pemilihan titik *grid* berdasarkan dari data model kecepatan gelombang geser Vs30 dari USGS, yang mempunyai jenis klasifikasi tanah lunak. Jarak antar titik grid sekitar 2 km x 2 km. Dalam penelitian ini untuk membuat titik – titik grid menggunakan bantuan *software ArcGIS 10.1*. Dalam penelitian ini estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempabumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* pada kondisi jenis tanah lunak dihitung menggunakan persamaan model atenuasi [5]. Persamaan tersebut sebagai berikut ;

$$\ln(PGA) = -C_1 + C_2M - C_3 \ln(R + 0.9918e^{0.5236M})C_4H + C_5 Z_t \quad (1)$$

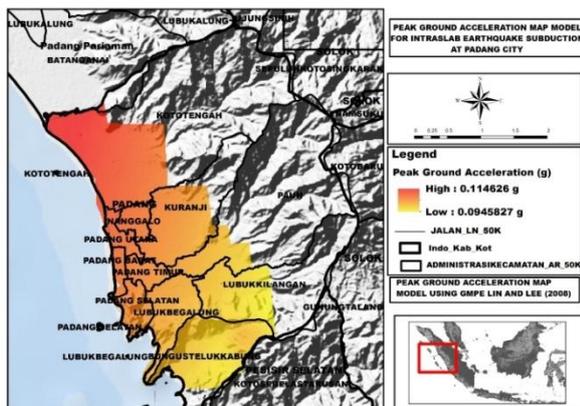
Dimana M = magnitudo, R = jarak hiposenter (Km), H = kedalaman sumber gempa (Km) dan Z_t = sumber gempa subduksi, untuk Z_t = 0 (gempa subduksi *interface*) dan Z_t = 1 (gempa subduksi *intraSlab*). Jarak hiposenter (R) dihitung menggunakan persamaan $R = \sqrt{r^2 + H^2}$, dimana r adalah jarak episenter gempabumi (km).

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* pada studi ini ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Peta percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) pada kondisi tanah lunak di Kota Padang.

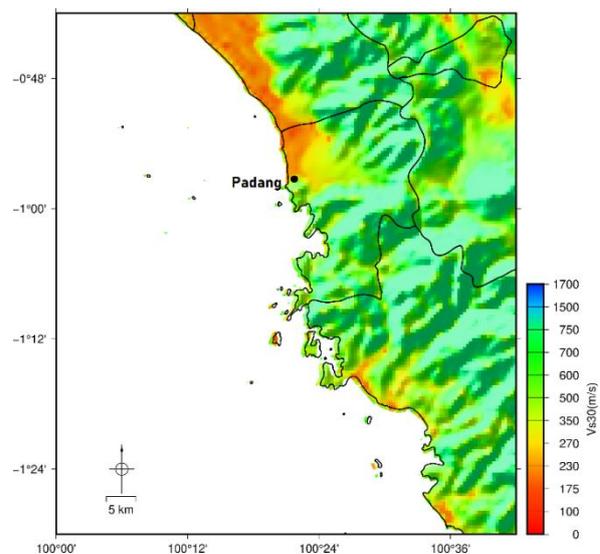


Gambar 4. Peta percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi *intraSlab* pada kondisi tanah lunak di Kota Padang.

Gambar 3 dan 4 menggambarkan peta hasil sebaran nilai estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* di Kota Padang dalam bentuk spasial yang mendeskripsikan guncangan atau getaran akibat gempa bumi yang dihitung berdasarkan dari persamaan [5]. Dari Gambar 3, menunjukkan hasil analisis estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) pada kondisi tanah lunak di Kota Padang berkisar antara 0.0401 g (4.01 %) sampai dengan 0.0457 g (4.57 % g), sedangkan pada Gambar 4 estimasi

nilai percepatan tanah untuk sumber gempa bumi di *intra-Slab* subduksi pada kondisi tanah lunak sekitar 0.0945 g (9.45 % g) sampai dengan 0.1146 g (11.46 % g).

Estimasi Percepatan tanah tertinggi (*PGA max*) untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) pada kondisi tanah lunak berkisar antara 0.0424 g (4.24 % g) sampai dengan 0.0457 g (4.57 % g) terjadi di wilayah Koto Tengah Nanggalo, sebagian Padang Utara, Padang Barat, Padang Selatan, Lubuk Begalung dan Bungus. Kemudian untuk sumber gempa bumi di *Intra-Slab* subduksi pada kondisi tanah lunak percepatan tanah tertinggi (*PGA max*) berkisar antara 0.0956 g (9.56 %) sampai dengan 0.1146 g (11.46 %) berada di wilayah Koto Tengah, Kuranji, Nanggalo dan sebagian di Padang Utara dan Padang Barat. Wilayah – wilayah tersebut diperkirakan memiliki getaran tanah cukup kuat dan berpotensi terjadi kerusakan bangunan dan termasuk dalam zona resiko kegempaan yang cukup tinggi. Kemudian untuk estimasi percepatan tanah yang rendah untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) pada kondisi tanah lunak berkisar 0.0364 g (3.64 %) hingga 0.04017 g (4.017 %) dan terjadi di wilayah Lubuk Kilangan, Teluk Bungus dan beberapa wilayah di sekitar Lubuk Begalung. Untuk sumber gempa bumi di *intra-Slab* subduksi pada kondisi tanah lunak estimasi percepatan tanah terendah berkisar antara 0.0864 g (8.64 %) hingga 0.0945 g (9.45 %) terjadi di Padang Utara tepatnya di Koto Tengah, Kuranji kemudian terjadi di wilayah Lubuk Kilangan. Wilayah tersebut diperkirakan memiliki guncangan yang cukup rendah.



Gambar 5. Peta Vs30 di wilayah Kota Padang dan Sekitarnya

Beberapa wilayah di Kota Padang yang mempunyai percepatan getaran tanah yang tinggi (PGA max) karena menurut [6] didominasi oleh karakteristik jenis tanah lunak (*alluvium*) dengan kecepatan gelombang geser $V_{s30} < 270$ m/s (Gambar 4) dan mempunyai kandungan frekuensi tinggi. Karakteristik jenis tanah lunak mempunyai amplifikasi yang tinggi sehingga akan mengalami getaran tanah yang cukup kuat. Kemudian [6] mengatakan amplifikasi gerakan tanah (*ground motion*) akan cenderung semakin besar pada tanah endapan yang sangat dalam/fleksibel. Sedangkan untuk percepatan getaran tanah yang rendah terjadi karena di beberapa wilayah, khususnya di bagian timur Kota Padang sebagian terletak didaerah pegunungan yang tersusun oleh kondisi karakteristik tanah keras yang terbentuk oleh batuan vulkanik. Menurut [2] penyebab percepatan tanah yang rendah jika suatu wilayah mempunyai formasi lasikin yang tersusun oleh batuan beku dan vulkanik. Oleh karena itu karakteristik jenis tanah, kondisi geologi lokal setempat, mekanisme patahan, endapan yang cukup dalam dan kondisi topografi sangat mempengaruhi nilai percepatan getaran tanah.

4. Kesimpulan

Nilai estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) berkisar 0.0401 g (4.01 %g) hingga 0.0457 g (4.57 % g), sedangkan untuk sumber gempabumi subduksi *intra-slab* sekitar 0.0945 g (9.45 % g) hingga 0.1146 g (11.46 %g). Percepatan tanah tertinggi untuk sumber gempabumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) berada di wilayah Nanggalo, sebagian Padang Utara, Padang Barat, Padang Selatan, Lubuk Begalung dan Teluk Bungus. Sedangkan untuk sumber gempabumi subduksi *intra-slab* percepatan tanah tertinggi berada Koto Tangah, Nanggalo dan sebagian di Padang Utara dan Padang Barat. karakteristik jenis tanah yang berdasarkan V_{s30} , kondisi geologi lokal setempat, mekanisme patahan, endapan yang cukup dalam dan kondisi topografi sangat mempengaruhi nilai percepatan getaran tanah.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada BMKG dan USGS sebagai sumber data katalog gempa bumi dan model V_{s30} dalam pembuatan karya tulis ini. Ucapan terimakasih juga penulis berikan kepada para reviewer yang telah mengoreksi paper ini hingga terbit.

Daftar Pustaka

- [1] Gusdalina, S., Syafriani, dan Ma'muri. (2008). Studi Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat Dengan Metode Next Generation (NGA). *Phillar Of Physics*, Vol.11, 33-40.
- [2] Handayani, L., Hananto, D.N., Angono, T., Syuhada, Setiabudi, T.A.P., Gaol, L.K., & Aribowo, S. (2017). Penentuan Percepatan Tanah Puncak di Pulau Simeuleu Dengan Metode Deterministik. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol 8, No.3, pp.135 – 142.
- [3] Handayani, L., Mulyadi, D., Wardhana, D., & Nur, W.H. (2009). Percepatan Pergerakan Tanah Maksimum Daerah Cekungan Bandung Studi Kasus Gempa Sesar Lembang. *JSDG*, Vol 19, pp. 333 - 337.
- [4] Kastowo, M., Gerhard, W.Leo., S, Gafoer., & Amin, T.C. (1996). Peta Geologi Lembar Padang, Sumatera, Bandung.
- [5] Lin, Shen-po., Lee, Chyi-tyi. (2008). Ground Motion Attenuation Relationship For Subduction – Zone Earthquakes In Northeathern Taiwan. *Bull. Seismol. Soc. America.*, vol. 98, pp. 220-240.
- [6] Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik Dan Rekayasa Kegempaan : Percepatan Getaran Tanah*. Yogyakarta, Indonesia : Pustaka Pelajar.
- [7] Syofyan, R.M., Edial, H. (2019). Percepatan Estimasi Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Gempabumi Di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi Megathrust Mentawai Menggunakan Metode Deterministik. *Jurnal Buana Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial – UNP*, Vol 03, pp. 2615 – 2630.
- [8] Sieh, k., & Natawidjaja, D.H, (2000). Ground Neotectonic Of The Sumatera Fault, Indonesia. *Journal Of Geophysical Research*, vol. 105, pp. 295-326.
- [9] Sunardi, B., Pitriani, W., Rohadi, S., Sulastrri., & Setiabudi, T.A.P. (2017). Estimasi Percepatan Tanah Maksimum Dan Spektra Percepatan Akibat Gempa 7 Desember 2016 Di Kabupaten Pidie Jaya,” *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke – 10.*, Vol 11, pp. 1655 – 1662.
- [10] Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Jakarta, Indonesia : Puslibang Kemen PUPR.
- [11] Worden, C. B., M. C. Gerstenberger, D. A. Rhoades, & D. J. Wald. (2012). Probabilistic relationships between ground-motion parameters and modified Mercalli intensity in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 102, pp. 204-221.

ANALISIS PROYEKSI CURAH HUJAN TAHUNAN (2016-2040) MENGUNAKAN SKENARIO RCP4.5 DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

ANNUAL RAINFALL PROJECTION ANALYSIS (2016-2040) USING RCP4.5 SCENARIO IN WEST NUSA TENGGARA PROVINCE

Haris Munandar Gultom¹

¹Stasiun Pemantau Atmosfer Global Puncak vihara Klademak Sorong 1, Jalan Sungai Remu KM.08 Kota Sorong 1
*E-mail: haris.munandar.gultom@gmail.com

Naskah masuk: 21 September 2021 Naskah diperbaiki: 19 April 2022 Naskah diterima: 21 Juni 2022

ABSTRAK

Curah hujan salah satu komponen iklim yang sangat penting. Perubahan intensitas curah hujan dalam jangka waktu Panjang (10-30 tahun) dapat mempengaruhi penentuan ketersediaan air di suatu daerah dan juga berpengaruh terhadap aktivitas kehidupan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa rata-rata curah hujan tahunan yang dibagi pada 3 periode yaitu periode baseline (2006-2016), periode proyeksi jangka pendek (2021-2030), dan periode proyeksi jangka menengah (2031-2040). Data yang digunakan adalah data observasi (hasil pengamatan) serta data model curah hujan skenario RCP4.5 menggunakan 44 titik pos hujan di Nusa Tenggara Barat. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode interpolasi yaitu *Inverse Distance Weighted* (IDW). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan rata-rata curah hujan tahunan dari periode baseline (2006-2016) ke periode proyeksi (2021-2030) di Nusa Tenggara Barat. Sedangkan dari periode proyeksi (2021-2030) ke periode proyeksi (2031-2040) tidak terjadi perubahan curah hujan yang signifikan.

Kata kunci: curah hujan, iklim, proyeksi, RCP4.5, scenario

ABSTRACT

Rainfall is one of the most important climate components. Changes in rainfall intensity in the long term (10-30 years) can affect the determination of water availability in an area and also affect the activities of human life. This study aims to analyze the average annual rainfall which is divided into 3 periods, namely the baseline period (2006-2016), the short-term projection period (2021-2030), and the medium-term projection period (2031-2040). The data used are observation data (observations) and rainfall model data for the RCP4.5 scenario using 44 rain post points in West Nusa Tenggara. The method used in this research is the interpolation method, namely Inverse Distance Weighted (IDW). The results showed that there was an increase in the average annual rainfall from the baseline period (2006-2016) to the projection period (2021-2030) in West Nusa Tenggara. Meanwhile, from the projection period (2021-2030) to the projection period (2031-2040) there is no significant change in rainfall.

Keywords: precipitation, climate, projection, RCP4.5, scenario

1. Pendahuluan

Iklim merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi banyak sektor dan kehidupan manusia. Iklim menjadi penting untuk dipelajari karena kondisi unsur-unsur iklim di muka bumi sangat bervariasi yang bergantung pada letak garis lintang dan garis bujur wilayah dan akibat dari situasi permukaan bumi yang tidak rata (gunung, daratan, laut) [1].

Curah hujan menjadi salah satu komponen iklim yang sangat penting. Perubahan intensitas curah hujan dalam jangka waktu panjang (10-30 tahun) dapat mempengaruhi penentuan ketersediaan air di suatu daerah dan juga berpengaruh terhadap aktivitas kehidupan manusia [2]. Salah satu sektor yang terpengaruh perubahan curah hujan adalah sektor pertanian. Pengembangan bidang pertanian erat hubungannya terhadap kondisi curah hujan terutama dalam pengembangan beraneka ragam jenis komoditi tanaman di berbagai wilayah [1]. Sedangkan Curah hujan tahunan akan berpengaruh juga terhadap periodesitas timbulnya hama pada tanaman [3]. Perubahan curah hujan dalam jangka waktu panjang juga dapat mengindikasikan terjadinya perubahan iklim [4]. Selain itu, curah hujan juga berpengaruh terhadap indeks erosi [5].

Proyeksi curah hujan membantu untuk memperkirakan kondisi dan potensi ketersediaan air di masa yang akan datang, sehingga dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya maupun menghindari bencana yang mungkin terjadi [2]. Oleh karena itulah mengetahui kondisi curah hujan sangat diperlukan dalam menyusun perencanaan yang mantap [1].

Unsur iklim yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan. Data baseline yang digunakan dalam penelitian ini adalah data observasi periode 2006-2016.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui rata-rata curah hujan tahunan periode baseline (2006-2016), untuk mengetahui rata-rata curah hujan tahunan periode proyeksi jangka pendek (2021-2030), dan untuk mengetahui rata-rata curah hujan tahunan periode proyeksi jangka menengah (2031-2040) di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Proyeksi dilakukan menggunakan skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP). RCP yang digunakan adalah RCP4.5 yaitu skenario stabil dengan *radiative forcing* 4.5 Watt/m² pada tahun 2100 tanpa pernah melebihi nilai itu. Simulasi dengan *Global Change Assessment Model* (GCAM), RCP4.5 mencakup emisi global gas

rumah kaca jangka panjang, dan penggunaan kerangka lahan-tutupan lahan [6].

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para peneliti, pemerintah daerah, dan bidang terkait lainnya yang membutuhkan.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data hasil pengamatan observasi yang meliputi data curah hujan bulanan pada 44 pos hujan kerjasama di Provinsi NTB.
2. Data model skenario RCP4.5 berupa curah hujan yang diperoleh dari pusat informasi perubahan iklim BMKG, untuk periode proyeksi (2021-2040).

Data model skenario RCP4.5 berformat ekstensi netCDF (.nc) yang diekstrak menggunakan *software* GrADS (*The Grid Analysis and Display System*) dan membutuhkan *script* dengan format ekstensi (.gs) agar dapat dijalankan dalam *software* GrADS. Setelah melakukan ekstrak data, selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata bulanan curah hujan pada 44 titik pos hujan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

Dengan:

\bar{X} = Rata-rata hitung data

n = Banyaknya data

X_i = Data ke i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$

Selanjutnya dilakukan koreksi antara data model dan data observasi. Curah hujan terkoreksi dihitung menggunakan persamaan berikut [7]:

$$CH_{model_koreksi} = CH_{mod} \times \frac{\overline{CH}_{obs}}{\overline{CH}_{mod}} \quad (2)$$

Dengan:

$CH_{model_koreksi}$ = curah hujan bulanan model yang telah dikoreksi (mm)

CH_{mod} = curah hujan model sebelum dikoreksi (mm)

\overline{CH}_{obs} = rata-rata curah hujan periode baseline data pengamatan (mm)

\overline{CH}_{mod} = rata-rata curah hujan periode *baseline* data model (mm)

Setelah pengkoreksian selesai, selanjutnya dilakukan proses validasi agar besar bias (*error*) antara data sebelum koreksi dan setelah koreksi pada periode tahun yang sama dapat diketahui yang diterapkan dengan melihat *Root Mean*

Square Error (RMSE). Berikut persamaan untuk menghitung nilai RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |e_1|^2}{n}} \quad (3)$$

Dengan:

RMSE = Root Mean Square Error

e_1 = Bias atau *error* (selisih data sebelum koreksi dan sesudah koreksi dengan observasi)

n = Jumlah data

Selanjutnya metode yang digunakan adalah metode interpolasi yaitu *Inverse Distance Weighted* (IDW).



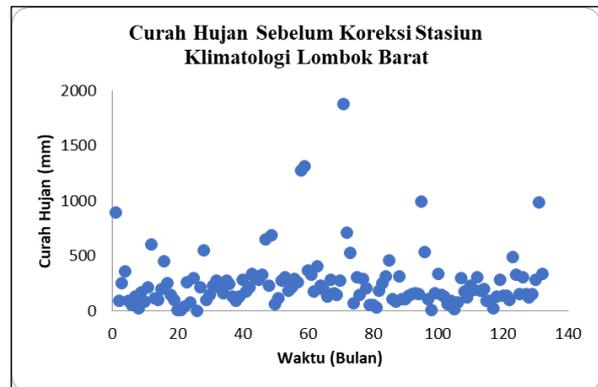
Gambar 1. Peta sebaran 44 pos hujan

Gambar 1 menyajikan peta sebaran pos hujan Provinsi NTB yang digunakan pada penelitian ini. Terdapat 44 pos hujan, dimana sebaran pos hujan paling banyak terdapat pada NTB bagian barat.

3. Hasil dan Pembahasan

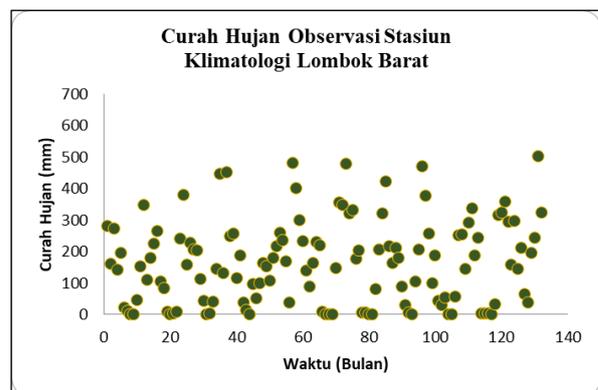
Data model skenario RCP 4.5 sebelum dikoreksi mengandung nilai ketidakpastian sebagai konsekuensi dari kasarnya resolusi spasial dan ketidakmampuannya menangkap fitur-fitur fenomena dalam skala yang lebih kecil seperti topografi dan penggunaan lahan [8]. Untuk itu perlu dilakukan koreksi antara data model dengan data observasi (*baseline*) terlebih dahulu sebelum digunakan. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi tingkat *error*. Pada masing-masing titik pos hujan (44 titik pos hujan) dilakukan koreksi pada setiap data model yaitu koreksi menggunakan data curah hujan rata-rata bulanan hasil pengamatan (observasi) dari tahun 2006-2016 dengan data model sebelum koreksi. Namun yang ditampilkan pada hasil penelitian ini satu perwakilan dari 44 titik yaitu stasiun Klimatologi Lombok Barat. Gambar 2 menunjukkan hasil sebaran data model sebelum

koreksi. Gambar 4 merupakan hasil sebaran data model curah hujan sesudah dilakukan koreksi (2006-2016). Sedangkan gambar 3 merupakan curah hujan observasi (data hasil pengamatan 2006-2016). Gambar 5, dan 6 merupakan grafik data model curah hujan sebelum koreksi dan sesudah dikoreksi.



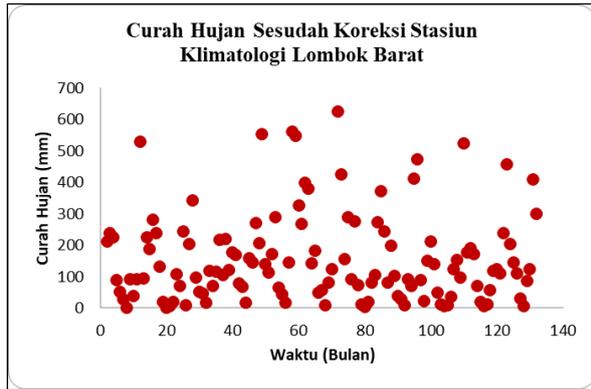
Gambar 2. Sebaran data model CH sebelum koreksi (2006-2016)

Gambar 2 menyajikan sebaran data model curah hujan bulanan (mm) selama 132 bulan (2006-2016) sebelum terkoreksi ada yang mencapai lebih dari 1000 mm/bulan dan itu menunjukkan hasil yang tidak baik. Dimana untuk normal curah hujan bulanan yaitu rendah (0-100 mm), menengah (100-300), tinggi (300-500) dan sangat tinggi (>500 mm) namun untuk kondisi curah hujan > 1500 mm/bulan sangat jarang terjadi, itulah mengapa dikatakan sebaran data model CH sebelum koreksi masih belum baik. Gambar 2 menunjukkan adanya data model sebelum koreksi yang memiliki nilai curah hujan mencapai 1877 mm/bulan. Hal tersebut tentu memiliki tingkat *error* yang sangat tinggi.



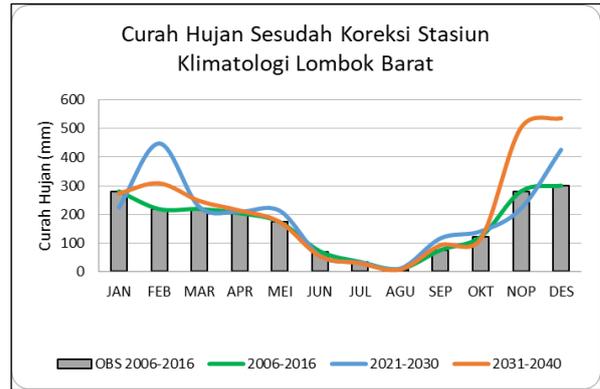
Gambar 3. Sebaran data CH observasi (2006-2016)

Gambar 3 menyajikan sebaran data rata-rata curah hujan bulanan (mm) observasi (data hasil pengamatan) selama 132 bulan dari tahun 2006-2016 yang menunjukkan bahwa sebaran data observasi sangat baik, tidak ada curah hujan yang lebih dari 700 mm/ bulan.



Gambar 4. Sebaran data model CH sesudah koreksi (2006-2016)

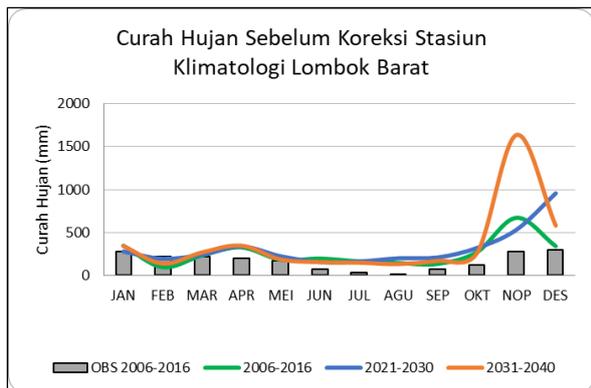
Gambar 4 menyajikan sebaran data sesudah koreksi antara data curah hujan observasi dengan data curah hujan model selama 132 bulan dari tahun 2006-2016. Melalui gambar 4 dapat terlihat bahwa tingkat *error* setelah koreksi lebih kecil (terlihat dari nilai CH tidak ada yang lebih dari 700 mm/bulan, serta data sudah lebih menyerupai sebaran data observasi (data hasil pengamatan)). Sebaran data curah hujan sesudah koreksi sudah mendekati sebaran data observasi.



Gambar 6: Grafik CH model sesudah koreksi

Gambar 6 menyajikan grafik data model setelah dilakukan koreksi. Sesudah data model tersebut dikoreksi dengan data observasi, maka data model sesudah koreksi memiliki pola yang mengikuti data observasi.

Hasil hitung RMSE pada tabel 1 menunjukkan bahwa data sesudah koreksi memiliki nilai yang lebih kecil dibanding data sebelum koreksi. Nilai *error* pada data model sesudah koreksi lebih kecil daripada nilai *error* pada data model sebelum koreksi.



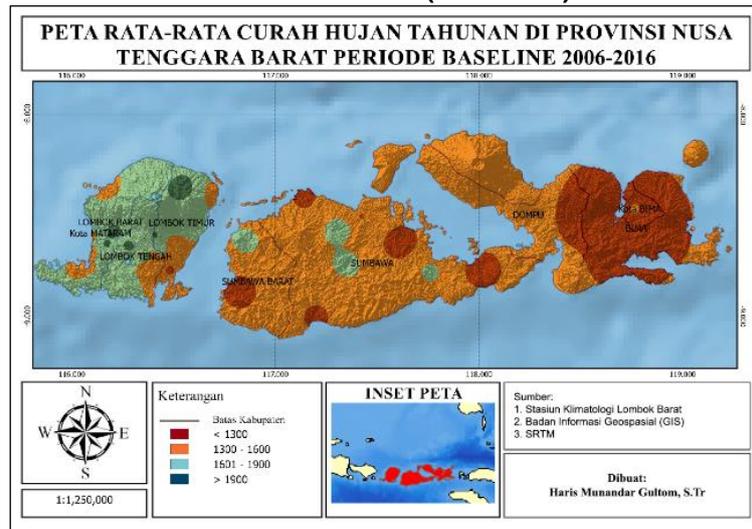
Gambar 5: Grafik CH model sebelum koreksi

Gambar 5 menyajikan grafik data observasi curah hujan rata-rata bulanan periode 2006-2016, data model sebelum koreksi 2006-2016, data model curah hujan sebelum koreksi 2021-2030, data model curah hujan sebelum koreksi 2031-2040. Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai data model sebelum koreksi pada bulan Oktober, November, Desember sangat jauh dari data observasi (data hasil pengamatan).

Tabel 1. Nilai RMSE data model curah hujan
Sumber: data diolah

No	Pos hujan	Sebelum koreksi	Sesudah koreksi
1	Sekotong	185,39	84,62
2	Puyung	267,21	111,56
3	Praya	275,39	148,92
4	Mantang	268,64	127,59
5	Narmada	248,21	145,11
6	Kediri	254,47	133,51
7	Majeluk	212,08	109,20
8	Gunungsari	208,52	118,17
9	Gerung	224,57	97,83
10	Tanjung	499,82	122,91
11	Bayan	577,57	149,15
12	Sambelia	211,76	160,69
13	Kopang	189,55	139,94
14	Janapria	202,11	132,23
15	Mujur	182,72	105,82
16	Batulanteh	231,81	172,44
17	Diperta sumbawa	365,68	117,41
18	Empang	144,53	91,20
19	Lape	258,62	94,28
20	Lenangguar	143,75	149,73
21	Lunyuk	159,66	100,81
22	Plampang	197,94	108,61
23	Seteluk	266,79	150,21
24	Stamet sumbawa	352,75	118,13
25	Alas	406,36	146,88
26	Jereweh	307,95	93,13
27	Monta	110,51	83,72
28	Rasanae	181,45	91,63
29	Stamet bima	115,77	88,19
30	Bolo	229,76	91,44
31	Huu	174,14	113,19
32	Sikur	206,59	151,20
33	Kotaraja	210,61	167,74
34	Ampanan	236,22	88,50
35	Penujak	185,50	115,97
36	Cakranegara	159,87	152,44
37	Jerowaru	179,26	93,33
38	Lembar	187,34	98,20
39	Moyohilir	359,44	145,28
40	Moyohulu	368,71	119,72
41	Pujut	201,23	117,97
42	Sembalun	211,82	178,57
43	Sukamulia	206,97	151,34
44	Utan	689,32	112,15

Peta Rata-Rata Curah Hujan Tahunan Periode Baseline (2006-2016)

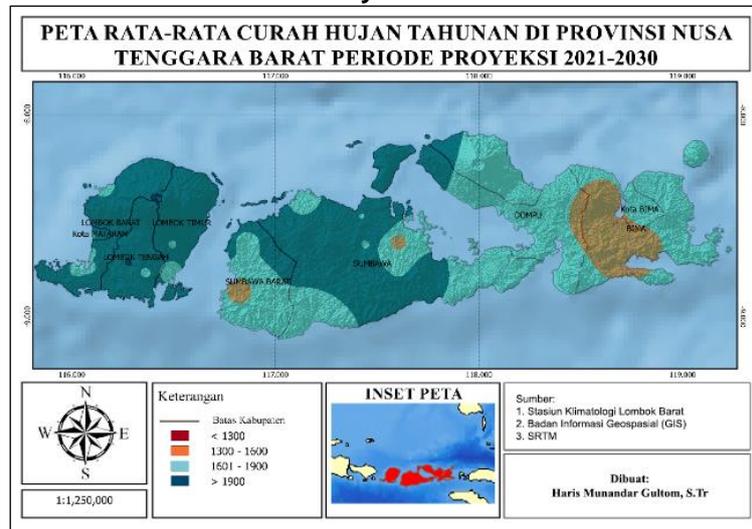


Gambar 7. Peta CH Baseline (2006-2016)

Gambar 7 menyajikan informasi rata-rata curah hujan tahunan yang berasal dari data historis (baseline) untuk periode 2006-2016. Secara umum terlihat bahwa rata-rata curah hujan tahunan berada pada nilai < 1900 mm/tahun. Untuk Wilayah NTB bagian barat memiliki kondisi nilai curah hujan tahunan yang relatif lebih tinggi dibandingkan pada wilayah NTB bagian Tengah dan bagian timur.

Untuk sebagian besar wilayah NTB bagian barat memiliki nilai 1601-1900 mm/tahun. Pada sebagian besar wilayah bagian tengah berada pada nilai 1300-1600 mm/tahun. Sedangkan sebagian besar pada wilayah bagian timur memiliki nilai < 1300 mm/tahun.

Peta Rata-Rata Curah Hujan Tahunan Periode Proyeksi 2021-2030



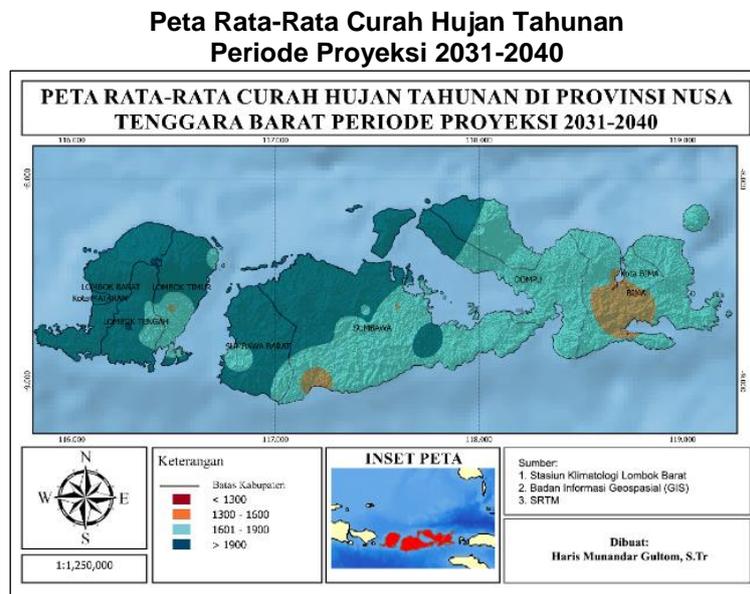
Gambar 8: Peta CH proyeksi (2021-2030)

Dengan menggunakan data pada periode baseline (2006-2016) dilakukan proyeksi curah hujan menggunakan skenario IPCC RCP. Gambar 8 menunjukkan proyeksi rata-rata curah hujan tahunan di Provinsi NTB untuk periode tahun 2021-2030 (jangka pendek) dengan skenario RCP4.5. Secara umum, terlihat bahwa

perubahan curah hujan yang cukup signifikan antara baseline dengan proyeksi jangka pendek pada hampir seluruh wilayah Penelitian. Untuk wilayah Lombok, Mataram, Sumbawa, Dompu, dan Bima memiliki rata-rata curah hujan tahunan yang lebih tinggi dibandingkan pada Periode baseline.

Pada wilayah Lombok dan Mataram, rata-rata curah hujan tahunan periode proyeksi (2021-2030) sebesar >1900 mm/tahun. Untuk wilayah Sumbawa bagian barat, dan Sumbawa bagian timur memiliki rata-rata curah hujan tahunan sebesar 1601-1900 mm/tahun. Sedangkan wilayah Sumbawa bagian tengah memiliki rata-

rata curah hujan tahunan sebesar >1900 mm/tahun, untuk wilayah Dompu sebesar 1601-1900 mm/tahun. Namun untuk wilayah Bima memiliki rata-rata curah hujan tahunan yang lebih rendah dibanding wilayah lain dengan nilai 1300-1600 mm/tahun.



Gambar 9. Peta CH Proyeksi (2031-2040)

Selain Proyeksi jangka pendek, dilakukan juga proyeksi untuk jangka menengah. Hasil proyeksi rata-rata curah hujan tahunan untuk periode 2031-2040 diperlihatkan pada gambar 9. Pada skenario RCP4.5 periode 2031-2040 dapat dilihat bahwa untuk wilayah NTB tidak mengalami perubahan curah hujan tahunan yang signifikan dari periode proyeksi jangka pendek (2021-2030). Namun pada gambar 9 dapat dilihat bahwa terjadi pergeseran nilai curah hujan antara periode proyeksi jangka pendek dan periode proyeksi jangka menengah pada beberapa wilayah di NTB.

Rata-rata curah hujan tahunan periode proyeksi menengah (2031-2040), menunjukkan bahwa Wilayah Lombok Barat, Sumbawa bagian barat, dan Sumbawa bagian utara memiliki curah hujan rata-rata tahunan sebesar >1900 mm/tahun. Untuk wilayah Sumbawa bagian timur, Dompu, dan wilayah Bima memiliki nilai rata-rata curah hujan tahunan sebesar 1601-1900 mm/tahun.

Periode historis (2006-2016) menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan tahunan pada wilayah NTB cenderung rendah dibandingkan hasil proyeksi periode 2021-2030 dan 2031-2040. Hal ini menunjukkan bahwa berdasarkan hasil proyeksi, ada indikasi perubahan iklim

yang mengakibatkan peningkatan rata-rata curah hujan tahunan di Provinsi NTB.

4. Kesimpulan

Rata-rata curah hujan tahunan pada periode baseline 2006-2016 di NTB secara umum < 1900 mm/tahun. Untuk wilayah NTB bagian barat memiliki nilai curah hujan tahunan yang relatif lebih tinggi dibandingkan wilayah NTB bagian timur.

Pada periode proyeksi jangka pendek (2021-2030) terjadi peningkatan curah hujan yang cukup signifikan dibanding dengan periode baseline. Periode proyeksi (2021-2030) pada wilayah NTB bagian barat, memiliki nilai rata-rata curah hujan tahunan sebesar >1900 mm/tahun. Sedangkan pada wilayah NTB bagian timur memiliki rata-rata curah hujan sebesar 1601-1900 mm/tahun.

Pada periode proyeksi jangka menengah (2031-2040) secara umum tidak mengalami perubahan yang signifikan dibanding dengan periode proyeksi jangka pendek dengan nilai rata-rata curah hujan tahunan untuk NTB bagian barat sebesar >1900 mm/tahun dan wilayah NTB bagian timur berada pada kisaran 1601-1900 mm/tahun.

Daftar Pustaka

- [1] Ariffin. (2019). Metode Klasifikasi Iklim di Indonesia. UB Press.
- [2] Kementerian PPN/Bappenas. Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim Kajian Basis Ilmiah Proyeksi Iklim Atmosferik.
- [3] Purba, L.I. et al. (2021). Agroklimatologi. Yayasan Kita Menulis.
- [4] Sumampouw, O, J. (2019). Perubahan Iklim dan Kesehatan Masyarakat. Deepublish.
- [5] Bakhtiar, Hadihardaja, J., & Hadihardaja, I.K. (2013). Pengaruh Curah Hujan Rata-rata Tahunan terhadap Indeks Erosi dan Umur Waduk pada DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil*. 19 (10), 41-54.
- [6] Thomson A. M., Calvin K.V., Smith., S.J, Kyle. G.P., Volke, A., Patel, P., Arias, S.D., Lamberty, B.B., Wise, M.A., Clarke, L.E., and Edmonds, J.A. (2011). RCP4.5: A Pathway For Stabilization of Radiative Forcing by 2100.
- [7] Weiland, F. C. S., Van Beek L. P. H., Kwadijk, J. C. J., dan Bierkens, M. F. P. (2010). The Ability of A GCM-Forced Hydrological Model to Reproduce Global Discharge Variability. *Hydrology and Earth System Science Journal* 14, p. 14 (8), 1595-1621. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1595-2010>.
- [8] Nugroho, S., Febriamansyah, R., Muharsyah, R. (2017). Penilaian Ketidakpastian Data Model Perubahan Iklim Dengan Metode CDFDM di Wilayah Sumatera Barat. *XIV* (2), 54-75.

PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENGUKURAN KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN SENSOR PMS7003

DEVELOPMENT OF AIR QUALITY MEASUREMENT INSTRUMENT USING PMS7003 SENSOR

Tanti Tritama Okaem^{1,2*}, Yohandri¹, Nofi Yendri Sudiar^{1,3}, Hamdi¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

³Research Center for Climate Change Universitas Negeri Padang (RCCC-UNP)

*E-mail: tantitritama@gmail.com

Naskah masuk: 09 Februari 2022 Naskah diperbaiki: 10 Maret 2022 Naskah diterima: 22 Juni 2022

ABSTRAK

Pencemaran udara menjadi salah satu permasalahan lingkungan secara global. Salah satu parameter kualitas udara yang menjadi perhatian yaitu Particulate Matter 2.5 ug/m (PM2.5) karena mengakibatkan gangguan kesehatan pada pernafasan. Informasi kualitas udara PM2.5 tersebut sangat terbatas karena terkendala jumlah dan operasional dari instrumennya, sehingga dilakukan pengembangan peralatan pengukuran kualitas udara menggunakan sensor PMS7003. Pengujian dilakukan di SPAG Bukit Kototabang selama 1 bulan, instrumen dibandingkan dengan peralatan referensi MetOne BAM 1020 untuk konsentrasi PM2.5 dan PM10. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model pengembangan Plomp. Hasil yang diperoleh sensor PMS7003 layak digunakan untuk pengukuran konsentrasi PM2.5 dibandingkan PM10. Hasil pengujian PM2.5 dengan instrumen referensi diperoleh yaitu korelasi 0,68, RMSE 3,83, bias -0,43, MAE 2,91, ketepatan 0,92 dan konsentrasi PM2.5 pada sensor PMS7003 meningkat saat kelembaban diatas 90%.

Kata kunci: Partikulat, sensor, PMS7003

ABSTRACT

Air pollution is one of the global environmental problems. One of the air quality parameters of concern is Particulate Matter 2.5 ug/m (PM2.5) because it causes respiratory health problems. The PM2.5 air quality information is very limited due to the number and operational constraints of the instrument, so the development of air quality measurement equipment using the PMS7003 sensor is carried out. The test was carried out at SPAG Bukit Kototabang for 1 month, the instrument was compared with the MetOne BAM 1020 reference equipment for concentrations of PM2.5 and PM10. This research was conducted using the Plomp development model. The results obtained by the PMS7003 sensor are suitable for measuring the concentration of PM2.5 compared to PM10. The results of PM2.5 testing with reference instruments were obtained, namely correlation 0.68, RMSE 3.83, bias -0.43, MAE 2.91, accuracy 0.92 and PM2.5 concentration on the PMS7003 sensor increased when humidity was above 90%.

Keywords: particulate, sensor, PMS7003

1. Pendahuluan

Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terjadi secara global, yaitu berupa penurunan kualitas udara yang disebabkan oleh adanya polutan/unsur-unsur berbahaya yang masuk ke dalam udara atau atmosfer bumi. Faktor alam dan faktor manusia menjadi penyebab dari sumber polutan tersebut. Pencemaran udara dari faktor alam seperti dari abu dan gas vulkanik gunung berapi, kegiatan mikroorganisme dan kebakaran hutan. Sedangkan faktor manusia berupa semua aktivitas manusia yang menghasilkan polutan udara seperti kegiatan industri dan energi, transportasi, pertanian, pembakaran dan lainnya. Data dari *World Health Organization* (WHO) menyatakan 9 dari 10 orang di dunia menghirup udara dengan tingkat polusi yang melampaui ambang batas berdasarkan standar untuk kesehatan [1]. Tingkat konsentrasi polutan yang tinggi tidak hanya memberikan dampak terhadap manusia, satwa liar dan ternak, tetapi juga menyebabkan kerusakan lingkungan terutama pada vegetasi tumbuhan dan masa depan hutan [2]. Salah satu jenis polutan udara yang berbahaya adalah partikel udara/*Particulate Matter* (PM).

Particulate Matter (PM) merupakan salah satu bahan pencemar pada udara yang terdiri dari campuran partikel padat (seperti debu, asap, kotoran, jelaga) dan tetesan cairan pada udara yang memiliki ukuran yang cukup kecil. PM memiliki ukuran yaitu berukuran kurang dari 100 μm , namun berdasarkan studi epidemiologi PM_{2,5} lebih berbahaya dari PM₁₀ dan TSP, karena dapat menyusup jauh dalam area alveoli paru-paru manusia. PM_{2,5} dengan ukurannya yang sangat kecil apabila terhirup dan masuk ke dalam tubuh bisa berpenetrasi ke dalam saluran pernapasan bawah sehingga bisa melewati aliran darah dan mengakibatkan kematian akibat paparannya [3]. Selain itu, PM_{2,5} juga dapat mengakibatkan Infeksi Saluran Pernapasan (ISPA), penyakit kardiovaskular, kanker paru-paru, kematian dini dan penyakit paru-paru obstruktif kronis [4]. Maka dari itu informasi kualitas udara/PM sangat dibutuhkan untuk kesehatan dan untuk beraktivitas sehari-hari.

Di Indonesia, informasi kualitas udara untuk sekarang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan peralatan otomatis yang beroperasi pada beberapa instansi pemerintahan. BMKG salah satu instansi pemerintahan yang menggunakan peralatan otomatis MetOne *Beta-Ray Attenuation Monitors* (BAM) 1020 untuk pengukuran PM_{2,5} yang

tersebar sebanyak 27 unit di seluruh Indonesia (update 20 September 2021). MetOne BAM 1020 memiliki prinsip kerja berdasarkan pelemahan partikel beta yang mana melalui materi padatan yang terkumpul pada filter fiber dalam satu volume udara ambien yang dihisap oleh pompa [5]. Selain MetOne BAM 1020 pengukuran kualitas udara juga menggunakan peralatan otomatis *Tapered Element Oscillating Microbalances* (TEOMs). Instrumen TEOM adalah satu-satunya pemantau massa berbasis filter yang mengukur massa partikel tersuspensi dalam aliran gas secara real time, melalui penggunaan transduser massa inersia [6]. Peralatan-peralatan otomatis ini memiliki harga dan perawatan yang tinggi sehingga keberadaannya sangat terbatas. Selain itu, peralatan-peralatan tersebut membutuhkan operator yang kompeten dalam pengoperasiannya. Untuk mengatasi keadaan atau permasalahan ini maka dilakukan pengembangan peralatan pengukuran kualitas udara berbasis sensor.

Pengembangan peralatan pengukuran kualitas udara dengan menggunakan sensor menjadikannya alat yang menjanjikan untuk aplikasi pemantauan kualitas udara. Sensor *Particulate Matter* mengukur kualitas udara dengan prinsip kerja mengukur cahaya yang dihamburkan oleh partikel. Sensor PM memiliki harga yang tergolong murah, selain mudah digunakan sensor PM juga bisa dihubungkan ke mikrokomputer [7]. Keuntungan lain dari sensor PM yaitu konsumsi energi yang rendah, dengan tegangan daya 5 V dan arus 250 mA, ukuran relatif kecil dan ringan serta data yang dihasilkan dapat dikumpulkan dengan frekuensi yang tinggi [8].

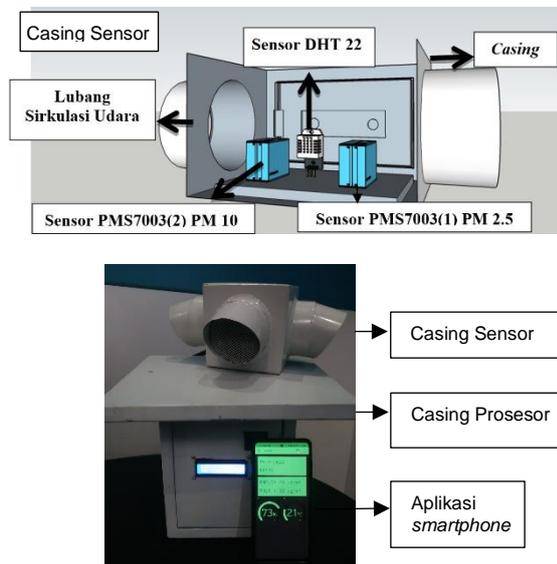
Particulate Matter Sensor (PMS) 7003 merupakan salah satu sensor yang berfungsi untuk mengukur partikel udara/*Particulate Matter*. Berdasarkan penelitian dari Badura et al, sensor PMS7003 memiliki akurasi yang tinggi dibandingkan dengan sensor lainnya (sensor SDS011, ZH03A, dan OPC-N2) [9]. Bauerová et al juga memperoleh kualitas pengukuran dari PMS7003 lebih baik dari OPC-N2 dan tidak memberikan pengaruh pada kondisi kelembaban yang tinggi [10]. Verifikasi silang beberapa sensor PMS7003 juga menunjukkan akurasi data yang tinggi, yaitu ditunjukkan dengan koefisien linieritas mendekati 1 [11].

Berdasarkan alasan diatas, pentingnya dilakukan pengembangan instrumen untuk pengukuran kualitas udara dengan menggunakan sensor PMS7003. Instrumen

Particulate Matter ini diuji validasi dan tentunya akan sangat berperan dalam informasi kualitas udara untuk masyarakat dan stakeholder, sehingga bisa sebagai bentuk langkah mitigasi saat terjadinya bencana kabut asap ataupun kondisi kualitas udara yang buruk.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, kabupaten Agam selama 1 bulan dari tanggal 12 November 2021 hingga 11 Desember 2021. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data konsentrasi PM_{2,5} dan PM₁₀ dari sensor PMS7003 dan BAM1020, data temperatur dan kelembaban dari sensor DHT22 yang dibandingkan dengan alat referensi BAM 1020. Instrumen PMS7003 terdiri dari casing sensor dan casing prosesor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Instrumen PMS7003

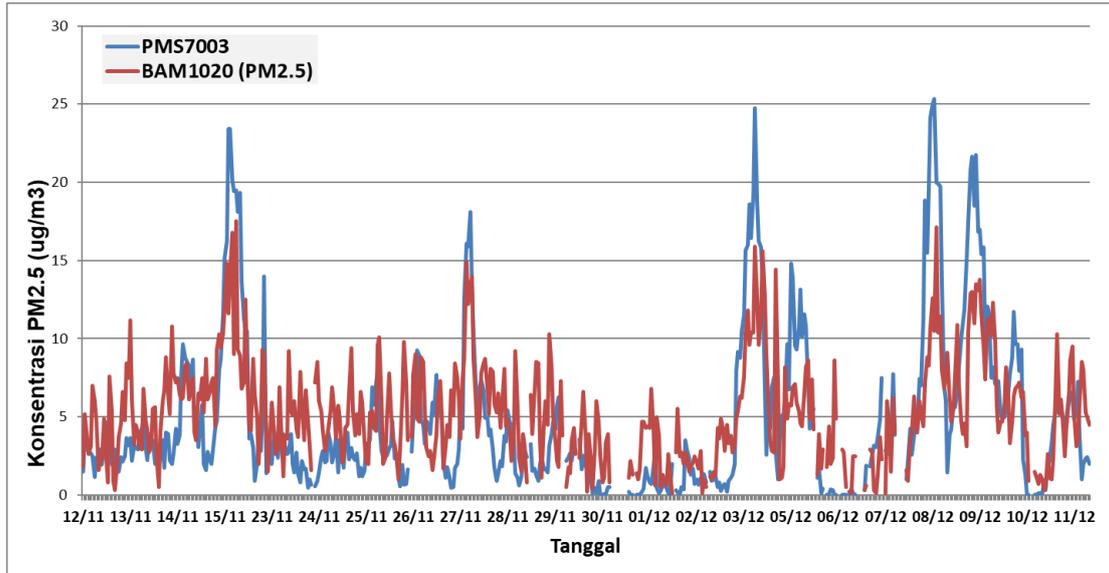
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang (*Global Atmosphere Watch*). Stasiun yang berlokasi di kabupaten Agam, pulau Sumatera, Indonesia ($0^{\circ} 12' 07''$ LS – $100^{\circ} 19' 05''$ BT), berada di daerah ekuatorial dan di area terpencil pada ketinggian 864,5 m di atas permukaan laut dan 40 km dari garis pantai bagian Barat. Temperatur pada lokasi bervariasi dari 16 hingga 25°C dan kelembaban relatif lebih dari 80%. SPAG Bukit Kototabang memiliki instrumen pembanding yang digunakan sebagai instrumen referensi yaitu instrumen monitoring MetOne BAM 1020 untuk pengukuran konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀. Instrumen PMS7003 diletakkan di atas DAK dengan lokasi yang sama dengan inlet alat referensi MetOne BAM 1020 untuk pengukuran PM_{2.5} dan PM₁₀ dilihat pada Gambar 2.



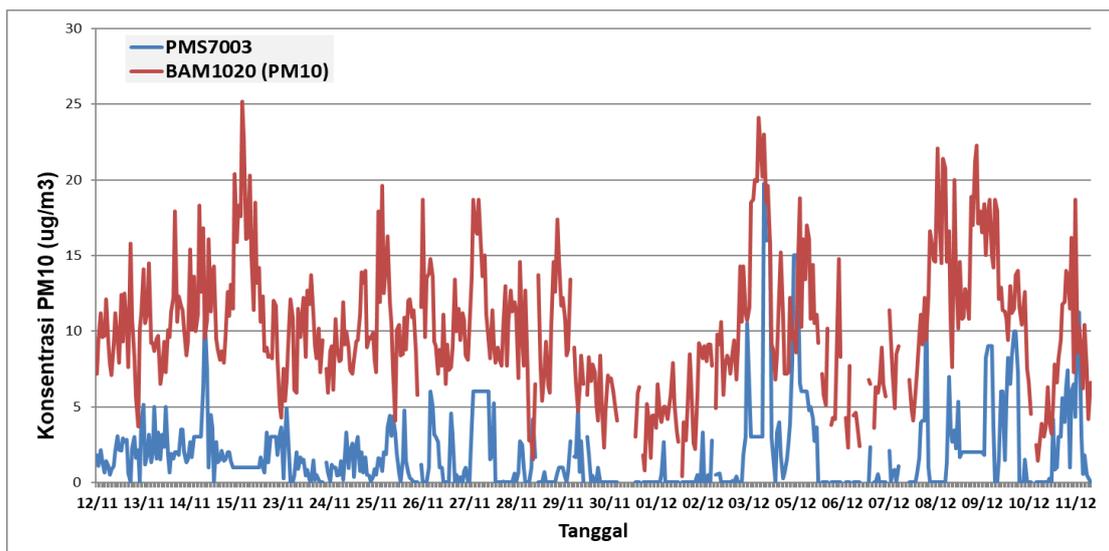
Gambar 2. Lokasi dan posisi instrumen PMS7003 dan BAM 1020

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan atau *Research and Development*. Penelitian *Research and Development* ini bersifat kebutuhan terhadap informasi kualitas udara dan mengaplikasikan sensor yang dirakit dalam bentuk software pada perangkat lunak, sehingga akan diuji keefektifitasan produk dan pengaplikasiannya untuk informasi kepada masyarakat. Penelitian ini dirancang dengan menggunakan model pengembangan Plomp. Model ini memiliki lima fase pengembangan, diantaranya (1) fase investigasi awal, (2) fase desain, (3) fase realisasi, (4) fase tes, evaluasi, dan revisi, dan (5) fase implementasi. Pada penelitian ini, *Research and Development* hanya dilakukan sampai pada fase tes, evaluasi, dan revisi karena pada fase implementasi membutuhkan proses dan waktu yang cukup lama.

Uji coba tahap awal dilakukan dengan simulasi penggunaan program PMS7003 dan uji performa instrumen. Tahapan uji coba juga dimaksudkan untuk mengetahui tingkat reliabilitas dengan menggunakan metode test and retest kemudian data yang dihasilkan divalidasi menggunakan data observasi instrumen BAM 1020. Analisis yang dilakukan untuk validasi instrumen PMS7003 yaitu dengan perbandingan nilai rata-rata, Analisis Akurasi/*Correlation Coefficient* (R), Analisis bias, *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Error* (MAE), selain itu juga dilakukan analisis terhadap pengaruh temperatur dan kelembaban.



Gambar 3. Tren konsentrasi PM2.5 instrumen PMS7003 dan BAM 1020



Gambar 4. Tren konsentrasi PM10 instrumen PMS7003 dan BAM 1020

3. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil pengukuran konsentrasi Particulate Matter 2.5 μm (PM2.5)

Pengukuran konsentrasi PM2.5 dengan instrumen PMS7003 dan alat referensi menggunakan data sebanyak 501. Pengukuran dilakukan secara real time 24 jam selama satu bulan yaitu dari tanggal 12 November 2021 hingga 11 Desember 2021. Tren konsentrasi PM2.5 dari instrumen PMS7003 dibandingkan dengan alat referensi BAM 1020 dapat dilihat pada Gambar 3.

Tren konsentrasi PM2.5 pada Gambar 3 pada umumnya memiliki pola yang sama antara instrumen PMS7003 dengan instrumen referensi BAM 1020. Berdasarkan statistik deskriptif konsentrasi rata-rata PM2.5 instrumen PMS7003 dan instrumen referensi BAM 1020 memiliki selisih sebesar 0.4, mengindikasikan selisih antara kedua instrumen tidak terlalu besar antara selisih rata-ratanya.

Tabel 1. Uji validasi konsentrasi PM2.5 instrumen PMS7003 dan BAM 1020

Uji Validasi	Nilai
RMSE	3,83
BIAS	-0,43
MAE	2,91
Koefisien korelasi	0,68
Faktor Koreksi	0,64

Hasil pengukuran PM2.5 dengan instrumen PMS7003 (Tabel 1) memperoleh koefisien korelasi sebesar 0.68 yang berarti memiliki korelasi kuat ($>0.5-0.75$). Nilai RMSE yang diperoleh adalah 3.83, metode estimasi dengan nilai RMSE lebih kecil dikatakan lebih akurat, selain itu nilai bias yang diperoleh sebesar -0.43, nilai MAE 2.91 dan faktor koreksi sebesar 0.64.

b. Hasil pengukuran konsentrasi Particulate Matter 10 μm (PM10)

Konsentrasi PM10 pada pengukuran dari instrumen PMS7003 dan alat referensi BAM1020 menggunakan 499 data. Secara umum terlihat konsentrasi PM10 dari instrumen PMS7003 lebih rendah dibandingkan dengan alat referensi BAM 1020 dapat dilihat pada Gambar 4. Konsentrasi rata-rata PM10 instrumen PMS7003 dan alat referensi BAM 1020 memiliki selisih yang cukup besar yaitu 8.2, berbeda dengan konsentrasi PM2.5 sebelumnya. Pengujian validasi data dari instrumen PMS7003 dan alat referensi BAM 1020 dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai RMSE yang diperoleh dari hasil pengukuran yaitu 9.26, nilai yang lebih besar dari pengukuran konsentrasi PM2.5.

Tabel 2. Uji validasi konsentrasi PM10 instrumen PMS7003 dan BAM 1020

Uji Validasi	Nilai
RMSE	9,26
BIAS	-8,18
MAE	8,28
Koefisien korelasi	0,34
Faktor Koreksi	5,16

Berdasarkan metode estimasi dengan nilai RMSE, RMSE dengan nilai yang lebih kecil dikatakan lebih akurat. Dengan memiliki korelasi cukup dan nilai RMSE yang besar instrumen PMS7003 lebih layak digunakan dalam pengujian konsentrasi PM2.5. Hasil penelitian ini menguatkan bahwa sensor PMS7003 digunakan untuk pengukuran PM2.5. Sesuai

dengan penelitian Badura (2018) sensor PMS7003 dari pabrikan Plantower lebih direkomendasikan untuk pengukuran PM2.5, dan didukung oleh laporan *JRC Technical* (2019) tentang reuiu monitoring kualitas udara oleh beberapa sensor menunjukkan sensor dari pabrikan plantower direkomendasikan untuk pengukuran PM2.5, dan untuk pengukuran PM10 bisa menggunakan jenis sensor lainnya seperti sensor SDS011, dan OPC-N3.

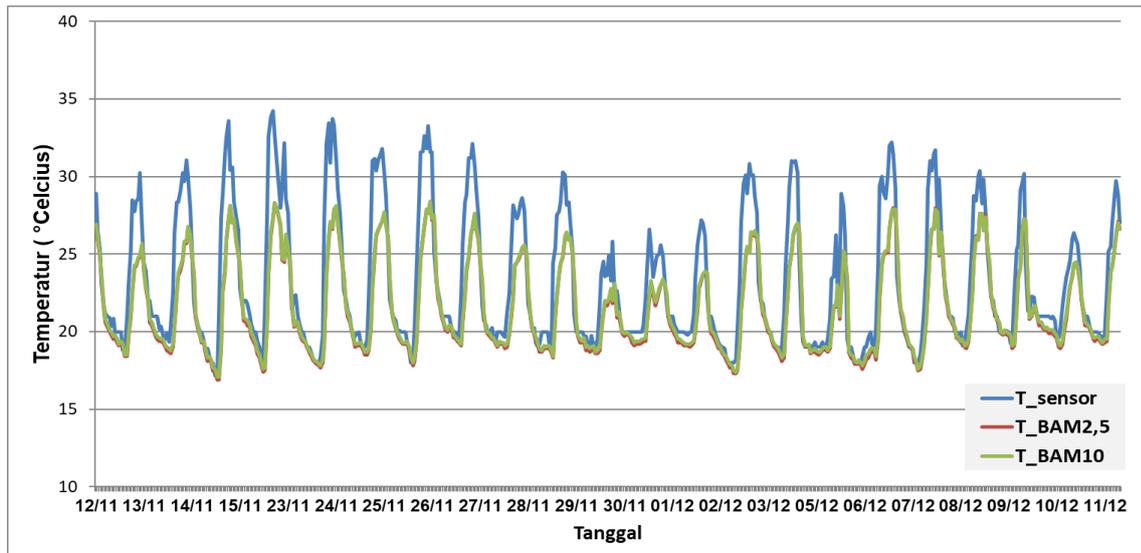
c. Hasil dan Analisis Temperatur dan Kelembaban

Selain analisis konsentrasi PM2.5 dan PM10, penelitian juga dilakukan analisis terhadap validasi data temperatur dan kelembaban dari instrumen PMS7003 menggunakan sensor DHT22 terhadap alat referensi BAM 1020. Data yang digunakan dalam analisis temperatur yaitu sebanyak 534, dan alat referensi yang digunakan yaitu kedua jenis BAM 1020 yaitu untuk pengukuran PM2.5 dan PM10. Tren nilai temperatur dari instrumen PMS7003 dan BAM 1020 dapat dilihat pada Gambar 5.

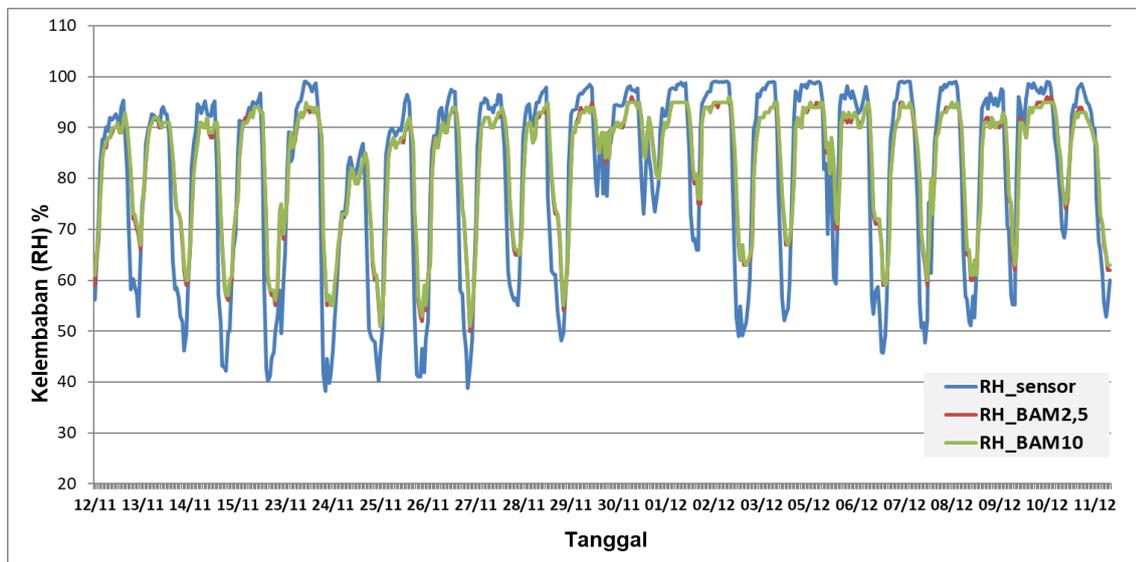
Nilai temperatur pada instrumen PMS7003 secara umum memiliki pola yang sama terhadap alat referensi BAM 1020, namun pada temperatur tinggi nilai temperatur yang terbaca pada instrumen PMS7003 lebih tinggi dibandingkan dengan alat referensi BAM 1020. Temperatur maksimum yang terbaca pada instrumen PMS7003 memiliki selisih nilai sebesar 5.9 terhadap alat referensi BAM 1020, sedangkan nilai minimum dari instrumen PMS7003 hanya memiliki selisih 0.1 hingga 0.3. Dari hasil pengukuran nilai temperatur pada instrumen PMS7003 lebih tinggi, karena adanya pengaruh dari casing yang digunakan pada instrumen PMS7003 yang menyerap panas, sehingga nilai temperatur yang terbaca pada instrumen PMS7003 tinggi pada kondisi siang hari atau saat temperatur tinggi.

Tabel 3. Uji validasi temperatur instrumen PMS7003 dan BAM1020

Uji Validasi	BAM1020 (PM2,5)	BAM1020 (PM10)
RMSE	2,70	2,64
BIAS	1,68	1,56
MAE	1,84	1,77
Koefisien korelasi	0,89	0,89
Faktor Koreksi	0,69	0,68



Gambar 5. Tren nilai temperatur instrumen PMS7003 dan BAM1020



Gambar 6. Tren nilai kelembaban instrumen PMS7003 dan BAM1020

Hasil uji validasi dapat dilihat pada Tabel 3, dimana nilai RMSE pada instrumen PMS7003 terhadap alat referensi BAM1020 tidak terlalu tinggi yaitu 2.70 pada BAM2.5 dan 2.64 pada BAM10. Nilai bias dan MAE berkisar antara 1.56 hingga 1.84. Koefisien korelasi dari sensor dan alat referensi 0,89 yaitu memiliki korelasi sangat kuat ($>0.75-0.99$). Dari hasil uji validasi instrumen PMS7003 menggunakan sensor DHT22 layak digunakan sebagai sensor pendukung pada instrumen PMS7003.

Nilai kelembaban pada instrumen PMS7003 secara umum memiliki pola yang sama terhadap alat referensi BAM 1020 pada Gambar 6, namun

kelembaban pada instrumen PMS7003 memiliki nilai maksimum dan minimum yang lebih tinggi dari alat referensi BAM 1020. Nilai maksimum temperatur yang terbaca pada instrumen PMS7003 memiliki selisih yaitu sebesar 3 terhadap nilai temperatur pada alat referensi BAM 1020. Sedangkan selisih nilai minimum instrumen PMS7003 yaitu sebesar 11.8 terhadap alat referensi BAM2.5 dan 12.8 terhadap alat referensi BAM10. Untuk nilai rata-rata kelembaban dari instrumen PMS7003 dengan alat referensi BAM2,5 dan BAM10 memiliki selisih yaitu sebesar 2.1 dan 2.3. Dari hasil penelitian nilai kelembaban pada instrumen PMS7003 lebih tinggi pada nilai maksimum dan lebih rendah pada nilai minimum.

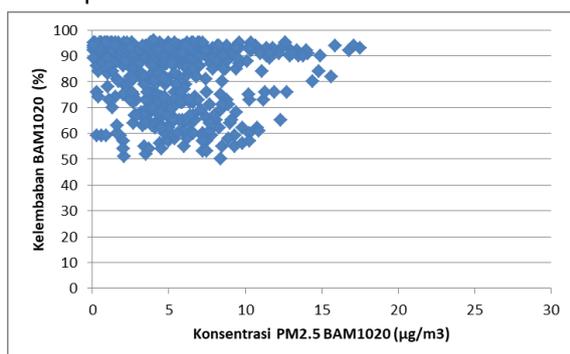
Tabel 4. Uji validasi konsentrasi PM10 instrumen PMS7003 dan BAM 1020

Uji Validasi	BAM1020 (PM2,5)	BAM1020 (PM10)
RMSE	9,20	9,47
BIAS	-2,07	-2,30
MAE	7,00	7,20
Koefisien korelasi	0,90	0,90
Faktor Koreksi	0,67	0,65

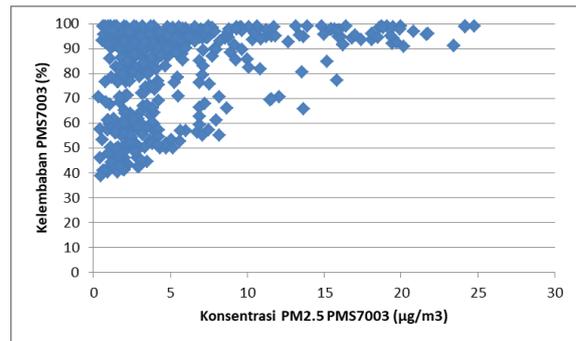
Hasil uji validasi nilai kelembaban instrumen PMS7003 terhadap alat referensi BAM1020 dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai RMSE pada instrumen PMS7003 terhadap alat referensi BAM1020 yaitu 9.2 pada BAM2.5 dan 9.47 pada BAM10. Nilai bias dan MAE berkisar antara -2.07 hingga 7.20. Koefisien korelasi dari instrumen PMS7003 dan alat referensi dari kedua instrumen BAM1020 yaitu 0,90 yang berarti memiliki korelasi sangat kuat (>0.75-0.99).

d. Analisis Hubungan Konsentrasi PM2.5 dengan Kelembaban

Berdasarkan WHO (2018) terhadap pengujian performa sensor pada udara dengan kelembaban yang tinggi, beberapa sensor terpengaruh oleh kelembaban dan kinerjanya dapat menurun di udara yang sangat lembab. Kelembaban yang terukur pada instrumen PMS7003 lebih tinggi daripada BAM 1020 dan adanya peningkatan dan penyebaran konsentrasi PM2.5 yang terukur pada sensor PMS7003 pada kondisi RH diatas 90% dapat dilihat pada Gambar 7.



Distribusi konsentrasi PM10 harian mengalami peningkatan pada pagi hari (0-6 WIB) dan pada malam hari (19-23 WIB). Secara umum dapat dijelaskan pada kondisi kelembaban tinggi konsentrasi partikulat PM2.5 meningkat dan sebaliknya, hal ini dikarenakan kandungan dari aerosol merupakan gabungan dari partikel kering dan partikel basah.



Gambar 7. Hubungan konsentrasi PM2.5 dengan kelembaban

Kelembaban yang terukur pada instrumen PMS7003 cukup tinggi, nilai kelembaban (RH) yang terukur dari sensor berkisar antara 38% hingga 98% dan temperatur yaitu berkisar antara 17 °C hingga 34 °C. Kelembaban terukur tinggi karena pengukuran dilakukan di SPAG Bukit kototabang yang relatif berada pada hutan tropis yang memiliki kelembaban yang tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu kondisi yang dekat dengan RH 100% dan pembentukan fog/mist yang mengandung uap air dapat dideteksi sebagai aerosol [12].

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh kelembaban terhadap konsentrasi PM2.5 yang terukur pada sensor PMS7003. Namun berdasarkan penelitian Badura (2018) konsentrasi PM2.5 pada sensor PMS7003 lebih sedikit terpengaruh oleh kondisi kelembaban dibandingkan dengan sensor lainnya, yaitu pengujian dilakukan pada $RH \leq 80\%$, $80\% < RH \leq 90\%$, dan $RH \geq 90\%$, dibandingkan dengan sensor lainnya yaitu sensor SDS011(Nova Fitness), ZH032A (Winsen) dan OPC-N2 (Alphasense) [9]. Penelitian Baurova (2020) juga menunjukkan kualitas pengukuran partikel oleh sensor PMS7003 (Plantower) lebih tinggi daripada OPC-N2 (Alphasense) pada kelembaban yang tinggi.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Instrumen sensor PMS7003 layak digunakan untuk pengukuran konsentrasi PM2.5 untuk merepresentasikan keadaan udara ambient dibandingkan untuk pengukuran konsentrasi PM10. Kelembaban dan temperatur mempengaruhi hasil pengukuran konsentrasi dari sensor PMS7003, yaitu semakin tinggi kelembaban dan semakin rendah temperatur maka konsentrasi PM yang terbaca semakin tinggi. Kelembaban dan temperatur memberikan pengaruh pada hasil pengukuran pada sensor PMS7003 yaitu pada kelembaban diatas 90%.

Informasi *Particulate Matter* (PM) diaplikasikan melalui aplikasi *blynk* pada *smartphone*.

Saran

Pemilihan casing sangat mempengaruhi dalam pengaplikasian sensor temperatur dan kelembaban. Pengujian instrumen kualitas udara dengan alat referensi sebaiknya menggunakan lebih banyak data sehingga data yang dianalisa lebih representative. Pengujian instrumen pengukuran kualitas udara PMS7003 sebaiknya dilakukan pada topografi yang berbeda sehingga bisa mewakili kualitas udara pada kondisi lingkungan/topografi yang berbeda.

Daftar Pustaka

- [1] Buonanno, G., & Hänninen, O. (2018). Air quality and health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 1–9. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112399>
- [2] Felzer, B. S., Cronin, T., Reilly, J. M., Melillo, J. M., & Wang, X. (2007). Impacts of ozone on trees and crops. *Comptes Rendus - Geoscience*, 339(11–12), 784–798. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2007.08.008>
- [3] Cheng, Y. H., Chang, H. P., & Yan, J. W. (2012). Temporal variations in airborne Particulate Matter levels at an indoor bus terminal and exposure implications for terminal workers. *Aerosol and Air Quality Research*, 12(1), 30–38. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2011.06.0085>
- [4] WHO. (2002). The World Health Organization Report 2002: reducing risks, promoting healthy life. WHO Library Cataloguing-in Publication Data, 232.
- [5] Instrumens, M. O., & Pass, G. (2011). E-S Ampler Particulate Monitor. 541, 1–58.
- [6] Thermo Fisher Scientific. (2007). Manual Teom® 1405. 190.
- [7] Snyder, E. G., Watkins, T. H., Solomon, P. A., Thoma, E. D., Williams, R. W., Hagler, G. S. W., Shelow, D., Hindin, D. A., Kilaru, V. J., & Preuss, P. W. (2013). The changing paradigm of air pollution monitoring. *Environmental Science and Technology*, 47(20), 11369–11377. <https://doi.org/10.1021/es4022602>
- [8] Gao, M., Cao, J., & Seto, E. (2015). A distributed network of low-cost continuous reading sensors to measure spatiotemporal variations of PM2.5 in Xi'an, China. *Environmental Pollution*, 199, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.013>
- [9] Badura, M., Batog, P., Drzeniecka-Osiadacz, A., & Modzel, P. (2018). Evaluation of low-cost sensors for ambient PM2.5 monitoring. *Journal of Sensors*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5096540>
- [10] Bauerová, P., Šindelářová, A., Rychlík, Š., Novák, Z., & Keder, J. (2020). Low-cost air quality sensors: One-year field comparative measurement of different gas sensors and particle counters with reference monitors at tusimice observatory. *Atmosphere*, 11(5), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ATMOS11050492>
- [11] Rizqy Agung Nurhidayatulah, Muhammad Ilham Muharrom, M. M. J., & Hafidhoh, N. (2019). Prosiding SNST ke-10 Tahun 2019 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim 211. 2016, 211–216.
- [12] R. Jayaratne, X. Liu, P. Thai, M. Dunbabin, and L. Morawska, "The influence of humidity on the performance of a low-cost air particle mass sensor and the effect of atmospheric fog," *Atmospheric Measurement Techniques*, vol. 11, no. 8, pp. 4883–4890, 2018