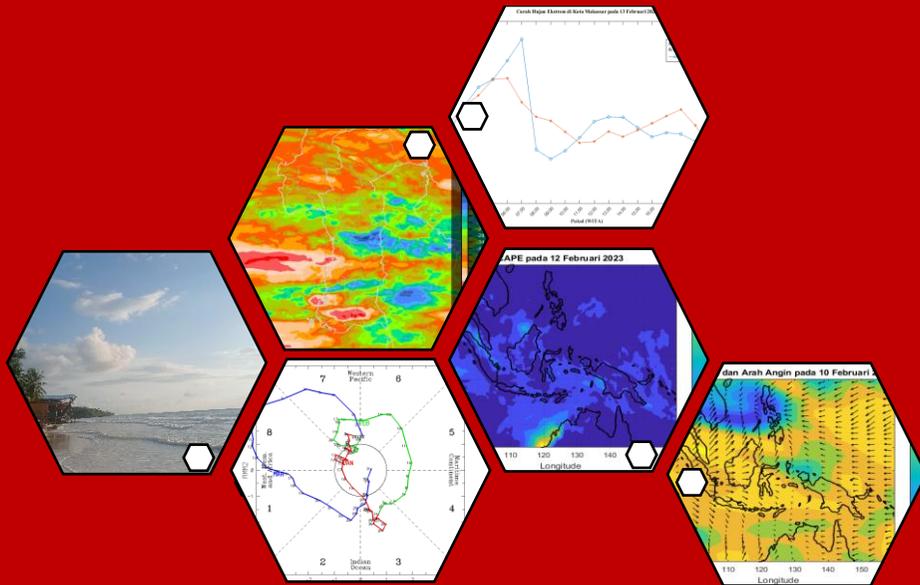


PEMODELAN PENGARUH FAKTOR CUACA TERHADAP CURAH HUJAN EKSTREM DI KOTA MAKASSAR PADA 13 FEBRUARI 2023



SITTI MUSTAQIMA M SHALEH
H061 20 1053



DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024

**PEMODELAN PENGARUH FAKTOR CUACA TERHADAP CURAH HUJAN
EKSTREM DI KOTA MAKASSAR PADA 13 FEBRUARI 2023**

**SITTI MUSTAQIMA M SHALEH
H061 20 1053**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PEMODELAN PENGARUH FAKTOR CUACA TERHADAP CURAH HUJAN
EKSTREM DI KOTA MAKASSAR PADA 13 FEBRUARI 2023**

**SITTI MUSTAQIMA M SHALEH
H061 20 1053**

SKRIPSI

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Geofisika

pada

**PROGRAM STUDI GEOFIKA
DEPARTEMEN GEOFIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

PEMODELAN PENGARUH FAKTOR CUACA TERHADAP CURAH HUJAN
EKSTREM DI KOTA MAKASSAR PADA 13 FEBRUARI 2023

SITTI MUSTAQIMA M SHALEH

H061 20 1053

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Geofisika pada
2 Desember 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Geofisika
Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing Tugas Akhir,



Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc.
NIP. 196303151987101001

Mengetahui:
Ketua Program Studi,



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Pemodelan Pengaruh Faktor Cuaca Terhadap Curah Hujan Ekstrem di Kota Makassar Pada 13 Februari 2023" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 2 Desember 2024



Sitti Mustaqima M Shaleh
H061201053

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan skripsi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi, dan arahan **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc** sebagai dosen pembimbing, Bapak **Drs. Erfan, M.Si** dan Bapak **Andika, S.Si, M.Si** selaku dosen penguji dalam pelaksanaan seminar hasil dan sidang skripsi Geofisika. Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng.** selaku Ketua Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh **Dosen Departemen Geofisika, Staff Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan Staff Departemen Geofisika** atas segala ilmu yang telah diajarkan serta pelayanan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh gelar sarjana. Saya juga mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada orang tua terkasih Ibunda **Dra. Murniati** dan Ayahanda **Dr. Ir. Saleh Molla, MM**, kakak-kakak tersayang **Sitti Mukhlisah M Saleh, S.Pd, Gr., Abd. Munir Shadiq, S.T., dan A. Muflihah Darwis, S.KM, M.Kes** serta keluarga besar saya atas segala dukungan moral maupun material, do'a, dan kasih sayang tak terbatas yang senantiasa diberikan. Gelar sarjana ini saya persembahkan untuk kalian.

Kepada teman-teman **Geofisika 2020**, terima kasih karena telah berjuang bersama dari mahasiswa baru sampai meraih gelar sarjana, terkhususnya **Guntur Dwi Putra** dan **Abdul Cholis** yang membantu saya dalam penelitian ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman **After Shock (Magfira Damayanti, Dwi Wulan Cahyani, Miftanisa Aulia, Siti Yuriska Nur, Haslinda Hamid, dan Yonas Septwan Rapa)** dan juga **Gloria Virgyan** yang telah menjadi tempat berkeluh kesah, bertukar pikiran, dan *support system* yang membuat saya yakin bisa menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih juga kepada **Dwi Nurul Ramadhania, Rovita Sari Rahayu, dan Muh. Nur Erzal Alghifari** selaku sahabat saya sejak SMP dan SMA yang juga menjadi tempat berkeluh kesah dan *support system* hingga skripsi ini selesai, serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna sehingga dengan segala kerendahan hati penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang membangun untuk memperbaiki kekurangan yang ada.

Penulis,



Sitti Mustaqima M Shaleh
H061201053

ABSTRAK

Sitti Mustaqima M Shaleh. **Pemodelan Pengaruh Faktor Cuaca Terhadap Curah Hujan Ekstrem di Kota Makassar Pada 13 Februari 2023** (dibimbing oleh Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc).

Latar belakang. Kejadian cuaca ekstrem yang cukup tinggi terjadi di Indonesia pada tahun 2023, salah satunya pada tanggal 13 Februari 2023 di Kota Makassar dengan curah hujan ekstrem tertinggi di dunia. Penelitian ini menyelidiki pengaruh faktor cuaca terhadap curah hujan ekstrem di Kota Makassar pada 13 Februari 2023. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk membangun model. Analisis deret waktu dan teknik regresi diterapkan untuk mengevaluasi kinerja model, termasuk koefisien korelasi antara model dan pengamatan, identifikasi faktor cuaca yang signifikan, dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode *Multiple Regression Stepwise* dengan curah hujan sebagai variabel dependen dan faktor cuaca sebagai variabel independen. **Hasil.** Model mengidentifikasi 2 faktor cuaca yang signifikan. Plot regresi mengonfirmasi hubungan antara faktor cuaca yang signifikan berdasarkan nilai signifikansi. Validasi model menggunakan koefisien korelasi Pearson dan RMSE menunjukkan hasil yang memuaskan. Suhu udara dan arah angin muncul sebagai faktor cuaca yang signifikan terhadap curah hujan ekstrem dengan nilai signifikansi sebesar 0.000583122 dan 0.0062883, nilai korelasi (r) sebesar 0.599, dan nilai RMSE sebesar 0.859.

Kata kunci: Arah Angin, Suhu Udara, Faktor Cuaca, Curah Hujan Ekstrem, Regresi Berganda Stepwise

ABSTRACT

Sitti Mustaqima M Shaleh. **Modeling the Effect of Weather Factors on Extreme Rainfall in Makassar City on February 13, 2023** (supervised by Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc).

Background. High extreme weather events occurred in Indonesia in 2023, one of which was on February 13, 2023 in Makassar City with the highest extreme rainfall in the world. This study investigates the influence of weather factors on extreme rainfall in Makassar City on February 13, 2023. **Objectives.** This research aims to build a model. Time series analysis and regression techniques are applied to evaluate model performance, including the correlation coefficient between the model and observations, identification of significant weather factors, and Root Mean Square Error (RMSE) values. **Methods.** This study used the Stepwise Multiple Regression method with rainfall as the dependent variable and weather factors as independent variables. **Results.** The model identified 2 significant weather factors. Regression plots confirmed the relationship between significant weather factors based on significance values. Model validation using Pearson correlation coefficient and RMSE showed satisfactory results. Air temperature and wind direction emerged as significant weather factors for extreme rainfall with significance values of 0.000583122 and 0.0062883, correlation (r) value of 0.599, and RMSE value of 0.859.

Keywords: Wind Direction, Air Temperature, Weather Factors, Extreme Rainfall, Stepwise Multiple Regression

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.2.1 Tujuan	2
1.2.2 Manfaat	3
1.3 Landasan Teori	3
1.3.1 Hujan.....	3
1.3.2 Curah Hujan Ekstrem.....	4
1.3.3 Faktor Cuaca.....	8
1.3.3.1 Kecepatan Angin.....	8
1.3.3.2 Arah Angin	9
1.3.3.3 Suhu Udara	9
1.3.3.4 Kelembapan Udara	10
1.3.3.5 Tekanan Udara.....	10
1.3.4 Metode <i>Multiple Regression</i>	11
1.3.5 Korelasi <i>Pearson</i>	12

1.3.6 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	13
BAB II	14
METODE PENELITIAN.....	14
2.1 Lokasi Penelitian	14
2.2 Alat dan Data	14
2.2.1 Alat.....	14
2.2.2 Data.....	15
2.4 Pengolahan Data	17
2.5 Bagan Alir Penelitian	18
BAB III	19
HASIL DAN PEMBAHASAN	19
3.1 Prediktor Signifikan	19
3.2 Nilai Konstanta (<i>a</i>) dan Koefisien (<i>b</i>)	19
3.3 Model Prediksi.....	20
3.4 Verifikasi Prediksi Nilai Korelasi <i>Pearson</i> (<i>r</i>) dan RMSE	20
3.5 Analisis Citra Satelit	21
BAB IV	28
KESIMPULAN	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pola curah hujan di Indonesia (Aldrian dan Susanto, 2003)	3
Gambar 2 Pemeringkatan Curah Hujan Sedunia pada 13 Februari 2023 (https://www.ogimet.com/ranking.phtml.en)	5
Gambar 3 Lokasi Penelitian	14
Gambar 4 Bagan Alir Penelitian	18
Gambar 5 Grafik Hasil Prediksi Curah Hujan Ekstrem di Kota Makassar	20
Gambar 6 Citra Satelit Himawari-9 EH di Sulawesi Selatan Dengan Suhu Tertinggi Pada 10-13 Februari 2023 (Sumber: BMKG)	21
Gambar 7 Peta Spasial Kelembapan Relatif dan Arah Angin di Indonesia dan sekitarnya pada 10-13 Februari 2023	22
Gambar 8 Peta Spasial CAPE (atas) dan <i>K-Index</i> (bawah) di Indonesia dan sekitarnya pada 12-13 Februari 2023	23
Gambar 9 OLR di Indonesia dan sekitarnya pada 13 Februari 2023 .	24
Gambar 10 Diagram Fase MJO (http://bom.gov.au/climate/mjo)	24
Gambar 11 Anomali SST Dasarian II Februari 2023 (Sumber: BMKG, 2023)	25
Gambar 12 Indeks Monsun Asia dan Monsun Australia (Sumber: BMKG, 2023)	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kecepatan Angin Menurut Skala Beaufort	8
Tabel 2 Koefisien Korelasi Pearson (Ghani & Ahmad, 2010)	13
Tabel 3 Klasifikasi Berdasarkan Hasil RMSE (Prakoso et al., 2023)...	13
Tabel 4 Prediktor Signifikan Beserta Nilai Signifikan	19
Tabel 5 Prediktor Signifikan, Nilai Konstanta (a) dan Koefisien (b)	19
Tabel 6 <i>Real-time Multivariate</i> (RMM) MJO pada 6-13 Februari 2023	25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa. Oleh karena itu, Indonesia mendapat banyak sinar matahari sepanjang tahun dan tergolong iklim tropis. Energi panas radiasi matahari yang tinggi dapat meningkatkan potensi pertumbuhan awan konvektif yang mengindikasikan fluks uap air dan ketidakstabilan atmosfer. Ketidakstabilan atmosfer dapat menyebabkan gangguan cuaca seperti hujan lebat, angin kencang dan menyebabkan bencana hidrometeorologi yang merugikan (Purwanti, et al., 2023).

Hujan merupakan salah satu unsur iklim yang paling baik dipelajari di Indonesia karena keragaman temporal dan spasialnya yang besar. Keadaan ini disebabkan oleh letak Indonesia yang dilintasi garis khatulistiwa dan terletak di antara dua benua dan dua samudra. Pengaruh topografi dan letak geografis suatu wilayah dapat menjadi penyebab utama terjadinya variasi cuaca dalam pola skala besar. Salah satu faktor untuk mendapatkan informasi tentang cuaca adalah dengan mengetahui pola hujan di daerah tersebut. Variasi curah hujan di suatu wilayah dapat mencerminkan perbedaan variasi atmosfer yang terjadi di wilayah tersebut. Wilayah Indonesia termasuk wilayah yang berperan penting dalam membentuk cuaca dan iklim global. Hal ini disebabkan status Indonesia sebagai benua maritim dengan wilayah laut lebih luas dari daratan. Letak Indonesia yang berada di antara dua benua (Asia dan Australia) dan dua samudera (Samudera Hindia dan Pasifik), menyebabkan Indonesia juga dipengaruhi oleh berbagai fenomena iklim baik secara lokal, regional maupun global (Tallamma, et al., 2016).

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada rekapitulasi data tahun 2022 melaporkan bahwa kejadian bencana yang paling sering terjadi di wilayah Indonesia adalah banjir dengan jumlah kejadian 1.531, selanjutnya cuaca ekstrem sebanyak 1.068 kejadian dari total kejadian bencana alam sebanyak 3.544 selama tahun 2022 (BNPB, 2023). Sedangkan pada rekapitulasi data tahun 2023 oleh BNPB, bencana yang paling sering terjadi di Indonesia adalah kebakaran hutan dan lahan dengan jumlah kejadian 2.051, cuaca ekstrem dengan jumlah kejadian 1.261, dan banjir dengan jumlah kejadian 1.255 dari total kejadian bencana alam sebanyak 5.400 selama tahun 2023 (BNPB,

2024). Salah satu faktor utama banjir yaitu jumlah curah hujan di atas rata-rata yang juga disebut curah hujan ekstrem (BNPB, 2016).

Dilansir dari Kompas (2023), BMKG Wilayah IV Makassar telah mengeluarkan informasi peringatan dini cuaca buruk pada 12-16 Februari 2023 bahwa dinamika atmosfer menunjukkan adanya potensi peningkatan curah hujan di wilayah Sulawesi Selatan. Terpantau ada *Low Pressure Area* di wilayah Australia bagian utara yang berpotensi meningkatkan kecepatan angin dan membentuk daerah konvergensi. Selain itu, *Madden Julian Oscillation* (MJO) yang berada di kuadran 4 (*Maritime Continent*) yang berkontribusi terhadap pembentukan awan hujan dengan model cuaca menunjukkan kelembapan udara lapisan atas hingga ketinggian 700mb dalam kondisi basah (70%-90%). Selain itu, dilansir dari Antara (2023), Kepala Bidang Data dan Informasi BMKG Wilayah IV Makassar mengemukakan banjir yang terjadi di sebagian Kota Makassar dipicu oleh naiknya air pasang laut dan curah hujan ekstrem di waktu yang bersamaan.

Studi penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Soemarno et al. (2022) menyatakan bahwa Kota Makassar mengalami hujan ekstrem sebanyak 43 kejadian pada periode 2017-2021 yang disebabkan oleh pola angin konvergen, pola angin siklonik, dan anomali *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) yang bernilai negatif, serta *Southern Oscillation Index* (SOI) dan *Madden-Julian Oscillation* (MJO). Berdasarkan literatur sebelumnya, studi penelitian ini dilakukan di Kota Makassar dengan menggunakan metode regresi berganda. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh faktor cuaca terhadap curah hujan ekstrem di Kota Makassar pada 13 Februari 2023 menggunakan metode regresi berganda *stepwise*, kemudian mengidentifikasi korelasi antara curah hujan ekstrem dengan faktor cuaca. Analisis kejadian curah hujan ekstrem perlu dilakukan dalam memprediksi cuaca ekstrem ke depannya sehingga dapat dilakukan mitigasi untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Membuat model faktor cuaca yang secara signifikan memengaruhi curah hujan ekstrem di Kota Makassar pada 13 Februari 2023 menggunakan metode regresi berganda *stepwise*.

2. Menganalisis hubungan antara curah hujan ekstrem dengan faktor cuaca di Kota Makassar pada 13 Februari 2023.

1.2.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

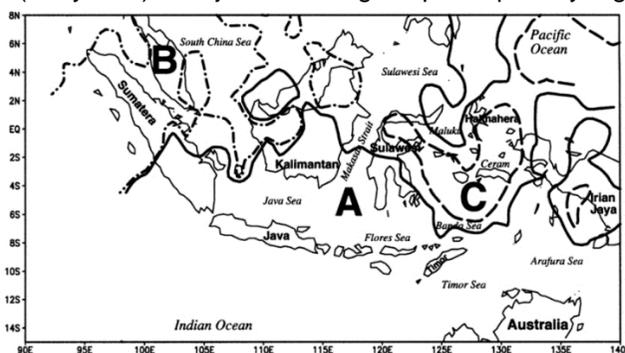
1. Grafik model prediksi untuk mengetahui prediksi, tren beserta faktor yang memengaruhi curah hujan ekstrem di Kota Makassar.
2. Hasil analisis korelasi faktor cuaca dan curah hujan ekstrem dapat digunakan untuk memprediksi cuaca ekstrem ke depannya agar dapat meminimalisir dampak yang ditimbulkan.

1.3 Landasan Teori

1.3.1 Hujan

Hermawan (2021) mendefinisikan hujan sebagai salah satu bentuk presipitasi yang merupakan proses jatuhnya butiran air atau kristal es ke permukaan bumi. Menurut Tjasyono dalam Hermawan (2021), presipitasi adalah bentuk cair (air) dan padat (es) yang jatuh ke permukaan bumi. Namun kabut, embun, dan embun beku bukan bagian dari presipitasi (*frost*) meskipun berperan pada hujan (*moisture*).

Aldrian dan Susanto (2003) membagi pola hujan di Indonesia menjadi tiga pola, yaitu pola musim (monsun), pola ekuator, dan pola lokal. Pada **Gambar 1**, pola monsun (wilayah A) ditunjukkan dengan garis tebal, pola ekuator (wilayah B) ditunjukkan oleh garis putus-putus yang pendek, dan pola lokal (wilayah C) ditunjukkan oleh garis putus-putus yang panjang.



Gambar 1 Pola curah hujan di Indonesia (Aldrian dan Susanto, 2003)

Curah hujan pola monsun (wilayah A) memiliki satu puncak musim hujan (unimodial) dengan musim kering pada bulan Juni, Juli, dan Agustus, sedangkan musim basah pada Desember, Januari, dan Februari,

sementara enam bulan lainnya adalah periode peralihan atau pancaroba yang terjadi di antar musim. Pola monsun ini dominan berada di daerah Sumatra bagian selatan, Kalimantan Tengah dan Selatan, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara Barat serta Timur. Curah hujan pola ekuator (wilayah B) memiliki dua puncak musim hujan (bimodial) yang terjadi sekitar bulan Maret dan Oktober atau saat terjadi ekuinoks yaitu saat matahari berada tepat di ekuator (garis khatulistiwa). Pola ekuator ini terjadi di Pulau Sumatra bagian tengah dan utara, serta Pulau Kalimantan bagian utara. Curah hujan pola lokal (wilayah C) memiliki satu puncak musim hujan (unimodial) yang bentuknya berlawanan dengan tipe hujan monsun. Curah hujan dengan pola lokal ini hanya terjadi di Maluku, Sulawesi, dan sebagian Papua (Aldrian dan Susanto, 2003).

Berdasarkan kondisi cuaca dan curah hujannya, Kota Makassar termasuk dalam kategori daerah beriklim sedang hingga tropis dan menunjukkan pola curah hujan monsun. Pola monsun ditandai dengan sebaran curah hujan bulanan minimum pada bulan Juni, Juli atau Agustus dan puncak musim hujan maksimum pada bulan Januari atau Desember (Maulidani, 2015).

BMKG mengategorikan intensitas curah hujan menjadi empat, yaitu hujan ringan dengan intensitas 0,1-5 mm/jam atau 5-20 mm/hari, hujan sedang dengan intensitas 5,0-10,0 mm/jam atau 20-50 mm/hari, hujan lebat dengan intensitas 10-20 mm/jam atau 50-100 mm/hari, dan hujan sangat lebat dengan intensitas 20 mm/jam atau 100 mm/hari (Purwanti, et al., 2023).

1.3.2 Curah Hujan Ekstrem

Tukidi dalam Marpaung et al (2012) mengemukakan bahwa kejadian curah hujan ekstrem merupakan salah satu kejadian cuaca atau iklim ekstrem yang saat ini sering terjadi. Kejadian curah hujan ekstrem sering merugikan lingkungan dan manusia. Wilayah Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada di garis khatulistiwa dengan diapit oleh dua samudera dan dua benua. Sumber dari udara lembab yang meningkatkan hujan di wilayah Indonesia berada pada Samudera Pasifik di sebelah timur dan Samudera Hindia di sebelah barat. Benua Asia dan Benua Australia yang mengapit Indonesia memengaruhi pergerakan angin di wilayah Indonesia yang berperan penting dalam memengaruhi

curah hujan. Berikut contoh curah hujan dunia dalam 24 jam yang diperoleh dari Ogimet.

**24 hours amount precipitation. 02/13/2023 at
06:00 UTC
(10 of 6065 stations)**

1	Ujang Pandang (Indonesia)	385.1 mm
2	Ujung Pandang / Hasanuddin (Indonesia)	271.0 mm
3	Whangarei Aerodrome (New Zealand)	160.0 mm
4	Larantuka (Indonesia)	143.0 mm
5	Hicks Bay Aws (New Zealand)	130.0 mm
6	Thohoyandou (South Africa)	119.0 mm
7	Gisborne Aerodrome Aws (New Zealand)	109.6 mm
8	Mount Bundeley South (Australia)	102.2 mm
9	Sevan Ozero (Armenia)	99.0 mm
10	Sibu (Malaysia)	94.6 mm

Gambar 2 Pemeringkatan Curah Hujan Sedunia pada 13 Februari 2023 (<https://www.ogimet.com/ranking.phtml.en>)

Nuraya et al (2016) mendefinisikan beberapa unsur cuaca yang berpengaruh terhadap kejadian hujan ekstrem di suatu daerah, yaitu suhu udara, angin, tekanan udara, uap air, kelembapan udara, dan curah hujan. Hujan ekstrem dapat terjadi akibat suhu permukaan air laut meningkat sehingga mempercepat penguapan yang membentuk awan hujan. Fadholi (2020) menyatakan kejadian hujan ekstrem meningkat sehingga menjadi isu yang sangat diperhatikan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Pada IPCC 2014, curah hujan ekstrem menjadi salah satu potensi bencana alam di wilayah tropis. Potensi curah hujan ekstrem di wilayah tropis dipicu oleh gangguan cuaca berskala global, regional, dan lokal.

Fenomena cuaca dengan cakupan wilayah cukup luas terdiri atas beberapa skala, yaitu skala global dan skala regional. Fenomena cuaca skala global terjadi gangguan cuaca berbentuk gelombang dan memiliki daerah rambatan lebih dari 5.000 km dengan durasi kejadian antara beberapa minggu sampai bulanan. Contoh fenomena cuaca pada skala global yaitu monsun dan *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO). Selain dalam skala global, fenomena cuaca juga terjadi pada skala regional yang memiliki cakupan wilayah antara 20 km sampai 2.000 km dengan durasi kejadian antara beberapa hari sampai mingguan. Contoh fenomena skala regional yaitu *Madden-Julian Oscillation* (MJO) dan anomali *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) (Soemarno, et al., 2022).

Monsun merupakan angin yang bertiup musiman selama satu tahun, memiliki perubahan arah dan termasuk sistem sirkulasi regional. Ada dua sistem monsun yang melalui Indonesia yaitu Monsun Asia dan Monsun Australia. Hal ini disebabkan karena letak geografis dan letak astronomis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa yang mempunyai banyak pegunungan sehingga pengaruh monsun di Indonesia lebih kompleks. Pola musim hujan dan musim kemarau di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh monsun, sehingga monsun memengaruhi fase basah dan fase kering pada suatu wilayah (Utami et al., 2024). Monsun Asia dan Monsun Australia memengaruhi Benua Maritim Indonesia dengan mengidentifikasi berdasarkan data angin zonal pada level 850 milibar untuk mendapatkan indeks monsun Asia dan Australia, yaitu *Western North Pacific Monsoon Index* (WNPMI) dan *Australian Monsoon Index* (AUSMI) untuk melihat korelasinya dengan presipitasi/curah hujan. Indeks monsun Asia (WNPMI) merupakan indeks monsun yang diperoleh dari rerata angin zonal pada level ketinggian 850 milibar dengan area cakupan 100° BT – 130° BT, 5° LU – 15° LU dan 110° BT – 140° BT, 20° LU – 30° LU sedangkan indeks monsun Australia (AUSMI) merupakan indeks monsun yang diperoleh dari rerata angin zonal pada level ketinggian yang sama dengan area cakupan 110° BT – 130° BT, 5° LS – 15° LS. Indeks monsun tersebut digunakan untuk melihat variabilitas terjadinya musim basah/hujan dan musim kering/kemarau di Indonesia (Pandia et al., 2019).

Fenomena *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) adalah pengaruh variabilitas iklim dengan fluktuasi suhu muka laut di sekitar ekuator bagian tengah dan timur Pasifik yang berinteraksi antara lautan dan atmosfer serta terdiri dari dua kejadian yaitu *El Nino* dan *La Nina*. *El Nino* terjadi saat anomali suhu muka laut tinggi di kawasan timur Pasifik sehingga di Indonesia mengalami penurunan curah hujan, sedangkan *La Nina* terjadi saat terjadi penurunan suhu muka laut di timur Pasifik sehingga curah hujan di Indonesia meningkat (Fatimatuzzahro et al., 2022). Indeks yang sering digunakan untuk mendefinisikan *El-Nino* dan *La-Nina* adalah indeks Nino 3.4, sementara indeks lain digunakan untuk mencirikan sifat unik dari setiap kejadian. Nilai indeks Nino 3.4 menurut BMKG dibagi menjadi tiga kategori, yaitu kategori lemah dengan anomali suhu muka laut kisaran (0,5 – 0,9), kategori moderate (1 – 2), dan kategori kuat (>2) (Abdullah, 2021).

Madden-Julian Oscillation (MJO) adalah variabilitas intramusiman utama (30-60 hari) di daerah tropis yang ditandai adanya penyebaran gugus awan dan curah hujan ke arah timur yang bergerak dari Samudera Hindia ke Samudera Pasifik. MJO dapat dideteksi menggunakan diagram *real-time multivariate* (RMM) yang dihitung berdasarkan proyeksi dari prediksi atau analisis *empirical orthogonal functions* (EOFs) dari OLR serta rata-rata angin zonal pada lapisan 200 hPa dan 850 hPa antara 15° LU sampai 15° LS. Diagram RMM memiliki 9 fase, namun fase 4 dan fase 5 merupakan fase MJO sedang terjadi di Indonesia.

Outgoing Longwave Radiation (OLR) adalah radiasi inframerah yang dipancarkan dari permukaan bumi ke bagian atas atmosfer yang ditangkap oleh satelit. Anomali OLR digunakan untuk mengetahui suatu wilayah mengalami cuaca baik atau cuaca buruk (Soemarno, et al., 2022). Nilai OLR di puncak atmosfer bumi merupakan fungsi dua hal yaitu jumlah awan dan suhu permukaan awan yang keduanya berhubungan dengan curah hujan. Jika radiasi gelombang panjang rendah mengindikasikan banyak terbentuk awan karena gelombang panjang yang keluar tertahan oleh awan (Natasha et al., 2021).

Convective Available Potential Energy (CAPE) adalah jumlah maksimum energi yang tersedia untuk kenaikan bidang udara. Indeks CAPE sangat sensitif terhadap kelembapan di dekat permukaan (Braun, 2010). CAPE merupakan indikator ketidakstabilan atmosfer sehingga sangat berharga untuk memprediksi cuaca. Saat massa udara tidak stabil, massa udara yang berpindah ke atmosfer dipercepat oleh perbedaan tekanan udara. Hal ini biasanya menciptakan awan vertikal yang berasal dari konveksi yang akhirnya menyebabkan hujan badai (Muttaqin et al., 2016). Indeks CAPE terbagi dalam beberapa kategori stabilitas udara, yaitu kategori lemah (tidak stabil) dengan nilai kurang dari 1.000, sedang (tidak stabil) dengan nilai 1.000-2.500, dan kategori kuat dengan nilai lebih dari 2.500.

K-Index (KI) merupakan indeks yang digunakan untuk mengidentifikasi proses konveksi dan hujan lebat. Perhitungannya cukup sederhana, yaitu dengan mempertimbangkan suhu di lapisan 850 mb, 700 mb, dan 500 mb, serta titik embun pada lapisan 850 mb dan 700 mb. Jika kelembapan tinggi dan selisih suhu antar lapisan 850 mb sampai 500 mb bernilai besar, maka semakin tinggi *K-Index* dan potensi konveksi. *K-Index* terbagi dalam beberapa kategori stabilitas udara, yaitu kategori

lemah dengan nilai kurang dari 29, kategori sedang dengan nilai 29 - 37, dan kategori kuat dengan nilai lebih dari 37 (Fernanda et al., 2024).

1.3.3 Faktor Cuaca

1.3.3.1 Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak secara horisontal yang dipengaruhi oleh gradien barometris letak tempat, tinggi tempat dan keadaan topografi suatu tempat. Pengukuran kecepatan angin lebih baik dilakukan pada ketinggian 10 m dengan pertimbangan efek dari lapisan per batas. Satuan kecepatan angin yaitu meter per detik, kilometer per jam atau knot ($1 \text{ m/s} = 1,9438 \text{ knots} = 3,6 \text{ km/jam}$). Kecepatan angin selalu berubah-ubah dalam setiap keadaan, maka yang harus dilakukan adalah melakukan pengamatan melalui skala standar internasional yaitu dengan menggunakan Skala Beaufort (Wijayanti et al., 2015). Skala Beaufort digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang memengaruhi kecepatan kapal dan gelombang air laut. Skala Beaufort menggunakan angka dan simbol, semakin besar angka pada Skala Beaufort maka semakin kencang embusan angin yang bahkan bisa merusak. Skala Beaufort dimulai dari angka 1 yang mengindikasikan embusan angin paling tenang sampai angka 12 yang mengindikasikan embusan angin yang menyebabkan kehancuran. Skala Beaufort tetap digunakan sampai sekarang. Klasifikasi kecepatan angin menurut Skala Beaufort sebagai berikut (Sari dan Maulidany, 2020).

Tabel 1. Kecepatan Angin Menurut Skala Beaufort

Number of Scale	Description	Wind Speed
0	<i>Calm</i>	<1 knot
1	<i>Light Air</i>	1-3 knots
2	<i>Light Breeze</i>	4-6 knots
3	<i>Gentle Breeze</i>	7-10 knots
4	<i>Moderate Breeze</i>	11-16 knots
5	<i>Fresh Breeze</i>	17-21 knots
6	<i>Strong Breeze</i>	22-27 knots
7	<i>Near Gale</i>	28-33 knots
8	<i>Gale</i>	34-40 knots
9	<i>Strong Gale</i>	41-47 knots
10	<i>Storm</i>	48-55 knots
11	<i>Violent Storm</i>	56-63 knots
12	<i>Hurricane Force</i>	>63 knots

1.3.3.2 Arah Angin

Angin merupakan pergerakan udara secara alami yang mempunyai arah dan kecepatan diakibatkan oleh rotasi bumi sehingga angin terbentuk sebagai hasil dari gerakan udara dari daerah bertekanan tinggi ke daerah tekanan rendah. Arah angin merupakan asal hembusan angin bertiup yang dapat ditunjukkan dengan 16 titik-titik pada kompas. Hembusan angin menunjukkan dari mana datangnya bukan ke mana angin itu bergerak. Arah angin dinyatakan dalam derajat atau yang diukur searah dengan arah jarum jam mulai dari utara Bumi atau secara sederhana sesuai dengan skala sudut pada kompas. Klasifikasi arah angin berdasarkan nilai arahnya dalam derajat, yaitu Utara (0° atau 360°), Utara Timur Laut ($22,5^\circ$), Timur Laut (45°), Timur Timur Laut ($67,5^\circ$), Timur (90°), Timur Tenggara ($112,5^\circ$), Tenggara (135°), Selatan Tenggara ($157,5^\circ$), Selatan (180°), Selatan Barat Daya ($202,5^\circ$), Barat Daya (225°), Barat Barat Daya ($247,5^\circ$), Barat (270°), Barat Barat Laut ($292,5^\circ$), Barat Laut (315°), dan Utara Barat Laut ($337,5^\circ$) (Wijayanti et al., 2015).

1.3.3.3 Suhu Udara

Menurut Swarinoto dan Widiastuti dalam Kahar (2024), temperatur atau suhu merupakan ukuran lingkungan untuk tingkat panas dari suatu benda tertentu. Suhu udara selalu mengalami perubahan dengan distribusi suhu di atmosfer yang sangat cepat, terutama saat penyinaran pagi. Fadholi dalam Kahar (2024) mengemukakan bahwa suhu udara mengacu pada suhu yang berkisar antara 1,25 meter sampai 2 meter dari permukaan tanah yang diukur menggunakan termometer dengan skala Celcius (C), Fahrenheit (F), dan Reamur (R). Suhu udara tertinggi di permukaan bumi berada di daerah sekitar garis khatulistiwa (daerah tropis).

Suhu udara merupakan unsur penting dalam cuaca. Suhu udara pada setiap wilayah dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu suhu udara maksimum dan suhu udara minimum. Suhu udara minimum merupakan kondisi suhu udara di wilayah tersebut berada pada titik terendah dalam interval waktu yang biasanya setiap hari. Suhu udara pada sebuah wilayah di permukaan bumi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti keadaan awan, lama penyinaran matahari, keadaan permukaan bumi, dan kemiringan sinar matahari (Sarangi et al., 2020).

1.3.3.4 Kelembapan Udara

Fadholi (2013) mendefinisikan kelembapan udara menjadi banyaknya uap air di udara atau atmosfer. Besarnya bergantung pada masuknya uap air ke atmosfer karena adanya penguapan yang bersumber dari air di lautan, danau, sungai, dan air tanah. Selain itu, uap air juga berasal dari proses transpirasi (proses penguapan dari tumbuhan). Jumlah air yang terkandung di udara dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu ketersediaan air, tekanan udara, sumber uap, suhu udara, dan angin. Uap air di atmosfer bisa berubah bentuk menjadi padat atau cair yang jatuh ke bumi, proses tersebut biasa disebut sebagai hujan. Kelembapan udara yang cukup besar mengindikasikan bahwa udara mengandung banyak uap air atau udara dalam kondisi basah. Kelembapan udara bisa dinyatakan dalam berbagai ukuran, salah satunya yaitu kelembapan udara relatif (*Relative Humidity*) yang didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara tekanan uap air pada saat pengukuran (e) dengan nilai tekanan uap air maksimum (e_m) yang dicapai pada tekanan udara dan suhu udara saat pengukuran. Berikut persamaan kelembapan udara relatif.

$$RH = \frac{e}{e_m} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

RH = kelembapan udara relatif (%)

e = tekanan uap air saat pengukuran (mb)

e_m = tekanan uap air maksimum yang dapat dicapai pada tekanan udara dan suhu udara saat pengukuran (mb).

1.3.3.5 Tekanan Udara

Tekanan udara merupakan gaya persatuan luas yang disebabkan oleh berat udara yang berada di atasnya. Perbedaan tekanan udara dapat terjadi akibat perbedaan suhu. Tekanan udara menunjukkan tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam satuan luas tertentu. Alat yang bisa digunakan untuk mengukur tekanan udara yaitu barometer aneroid dan barometer air raksa, sementara alat perekam tekanan udara yaitu barograf (Priyahita et al., 2016). Tekanan udara menjadi salah satu unsur penting dalam prediksi cuaca dan layanan untuk meteorologi maritim, meteorologi penerbangan, maupun layanan meteorologi lainnya. Informasi tekanan udara dibutuhkan karena merupakan salah satu parameter yang berkaitan erat dengan variasi pembentukan arah dan kecepatan angin (Santoso et al., 2023).

1.3.4 Metode *Multiple Regression*

Analisis regresi adalah teknik *data mining* (*big data*) yang berbasis statistik untuk pemodelan data dengan konsep persamaan garis linier. Analisis regresi dilakukan dengan cara menganalisis korelasi antara dua atau lebih variabel bebas dan satu variabel terikat. Analisa regresi yang hanya memiliki satu variabel bebas disebut Regresi Linear Sederhana, sementara regresi yang memiliki jumlah variabel bebas sebanyak dua atau lebih disebut Regresi Linear Berganda (Luthfiarta et al., 2020). Berikut persamaan dari Regresi Linear Sederhana (Sitinjak et al., 2022).

$$\hat{Y} = a + bx \quad (2)$$

Dimana:

\hat{Y} = variabel dependen (variabel terikat)

a = konstanta

b = koefisien regresi

x = variabel independen (variabel bebas)

Regresi Berganda merupakan teknik analisis data yang sering digunakan untuk menganalisis hubungan antara beberapa variabel untuk memprediksi satu variabel (Sulistiyono et al., 2023). Metode Regresi Berganda menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel bebas atau variabel prediktor (*independen*) dan variabel tidak bebas atau variabel respon (*dependent*). Metode ini bisa digunakan untuk peramalan curah hujan dengan mengaitkan antara variabel curah hujan yang akan diprediksi dengan variabel independen seperti kelembapan, lama penyinaran matahari, suhu, dan kecepatan angin (Wicaksono et al., 2023). Berikut persamaan Regresi Berganda dari Kartika et al (2014).

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (3)$$

Keterangan:

\hat{Y} : Variabel terikat

a : Konstanta

b_1, b_2, b_n : Koefisien

X_1, X_2, X_n : Variabel bebas

Untuk mendapatkan nilai a , b_1 dan b_2 , dapat digunakan rumus-rumus di bawah ini, di antaranya ialah:

$$a = \hat{Y} - b_1X_1 - b_2X_2 \quad (4)$$

$$b_1 = \frac{(\sum X_2^2)(\sum X_1Y) - (\sum X_1X_2)(\sum X_2Y)}{(\sum X_2^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1X_2)^2} \quad (5)$$

$$b_2 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2} \quad (6)$$

Dimana:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} \quad (7)$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n} \quad (8)$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n} \quad (9)$$

Metode *Multiple Linear Regression* terbagi tiga, yakni *forward selection*, *backward elimination*, dan *stepwise regression*. Ketiga metode tersebut bisa dikategorikan menjadi prosedur tipe *stepwise*. *Stepwise Regression* merupakan kombinasi dari *forward selection* dan *backward elimination*. *Stepwise Regression* dapat menambahkan dan mengurangi variabel yang dibutuhkan di setiap *step* atau langkah (Ghani dan Ahmad, 2010). *Stepwise Regression* ini dapat menyelesaikan masalah regresi yang variabel prediktor saling berkorelasi (Lembang, 2011).

1.3.5 Korelasi Pearson

Sederhananya, korelasi didefinisikan sebagai rasio. Tetapi jika hal ini dikembangkan lebih jauh, korelasi tidak dapat dipahami hanya dalam pengertian ini. Korelasi adalah salah satu metode analisis statistik yang digunakan untuk menemukan hubungan antara dua variabel kuantitatif. Hubungan antara dua variabel mungkin karena sebab atau mungkin juga karena kebetulan. Dua variabel dikatakan berkorelasi jika perubahan satu variabel secara teratur diikuti oleh perubahan variabel lain dalam arah yang sama (korelasi positif) atau berlawanan arah (korelasi negatif) (Ginting dan Sebayang, 2020). Salah satu metode perhitungan koefisien korelasi yaitu metode Pearson atau koefisien korelasi Pearson. Koefisien korelasi menyatakan hubungan linear antara variabel X dan variabel Y (Lestari, et al., 2017). Berikut rumus dari koefisien korelasi Pearson (Mukaka, 2012).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2][\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]}} \quad (10)$$

Keterangan:

R = koefisien korelasi Pearson

x_i = nilai variabel x di titik i

y_i = nilai variabel y di titik i

\bar{x} = rata-rata nilai variabel x

\bar{y} = rata-rata nilai variabel y

n = jumlah titik data

Tabel 2 Koefisien Korelasi Pearson (Ghani dan Ahmad, 2010)

Koefisien korelasi (R)	Hubungan korelasi
0,91 sampai 1,00 atau -0,91 sampai -1,00	Sangat kuat
0,71 sampai 0,90 atau -0,71 sampai -0,90	Kuat
0,51 sampai 0,70 atau -0,51 sampai -0,70	Sedang
0,31 sampai 0,50 atau -0,31 sampai -0,50	Lemah
0,01 sampai 0,30 atau -0,01 sampai -0,30	Sangat lemah
0,00	Tidak berhubungan

1.3.6 Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan rata-rata kuadrat dari selisih nilai estimasi dengan nilai observasi dari sebuah variabel. Semakin kecil RSME maka semakin valid estimasi model atau variabel tersebut (Muzani et al., 2021). Rumus *Root Mean Square Error* sebagai berikut (Prakoso et al., 2023).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (11)$$

Dengan

$RMSE$ = nilai RMSE

Y = nilai hasil observasi

\hat{Y} = nilai hasil prediksi

i = urutan data pada database

n = jumlah data

Tabel 3 Klasifikasi Berdasarkan Hasil RMSE (Prakoso et al., 2023)

Nilai <i>Root Mean Square Error</i>	Keterangan
0-100	Sangat kecil
100-200	Kecil
200-300	Sedang
300-400	Besar
400-500	Sangat besar

- c) *Software Notepad*
- d) *Software ArcGIS 10.8*

2.2.2 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan
Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data per jam selama periode hujan ekstrem di Kota Makassar pada tanggal 13 Februari 2023. Data ini memberikan informasi tentang jumlah hujan (dalam milimeter) yang relevan untuk analisis kondisi cuaca ekstrem. Data ini diperoleh dari situs yang disediakan oleh *National Aeronautics and Space Administration (NASA) Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER)*.
(<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)
2. Data Kecepatan Angin
Data kecepatan angin yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder pada tanggal 13 Februari 2023 dalam format per jam (*hourly*), diperoleh dari situs yang sama dengan data sebelumnya. Data ini memberikan informasi tentang kecepatan angin (dalam meter per detik) selama periode penelitian.
(<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)
3. Data Suhu Udara
Data suhu udara yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan data sekunder pada tanggal 13 Februari 2023 dalam format per jam (*hourly*), diperoleh dari situs yang sama dengan data sebelumnya. Data ini memberikan informasi tentang suhu udara (dalam derajat Celsius) selama periode penelitian.
(<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)
4. Data Kelembapan Udara
Data kelembapan udara yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder pada tanggal 13 Februari 2023 dalam format per jam (*hourly*), diperoleh dari situs yang sama dengan data sebelumnya. Data ini memberikan informasi tentang kelembapan udara (dalam %) selama periode penelitian.
(<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)
5. Data Tekanan Udara
Data tekanan udara yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan data sekunder pada tanggal 13 Februari 2023 dalam format per jam (*hourly*), diperoleh dari situs yang sama dengan data

sebelumnya. Data ini memberikan informasi tentang kecepatan angin (dalam kilopascal) selama periode penelitian.

(<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)

6. Data Arah Angin

Data arah angin yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan data sekunder pada tanggal 13 Februari 2023 dalam format per jam (*hourly*), diperoleh dari situs yang sama dengan data sebelumnya. Data ini memberikan informasi tentang arah angin (dalam derajat) selama periode penelitian.

(<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)

7. Data *U-wind* dan *V-wind*

Data *u-wind* dan *v-wind* yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan data sekunder pada tanggal 10-13 Februari 2023 dalam format per hari (*daily*) yang diperoleh dari situs NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

(<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html>)

8. Data *Outgoing Longwave Radiation* (OLR)

Data OLR yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan data sekunder pada tanggal 13 Februari 2023 dalam format per hari (*daily*) yang diperoleh dari situs NOAA.

(https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cpc_blended_olr-2.5deg.html)

9. Data *Convective Available Potential Energy* (CAPE) dan *K-Index*

Data CAPE dan *K-Index* yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan data sekunder pada tanggal 12 dan 13 Februari 2023 dalam format per jam (*hourly*), diperoleh dari situs *Copernicus Climate Data Store*.

(<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form>)

2.3 Pengumpulan Data

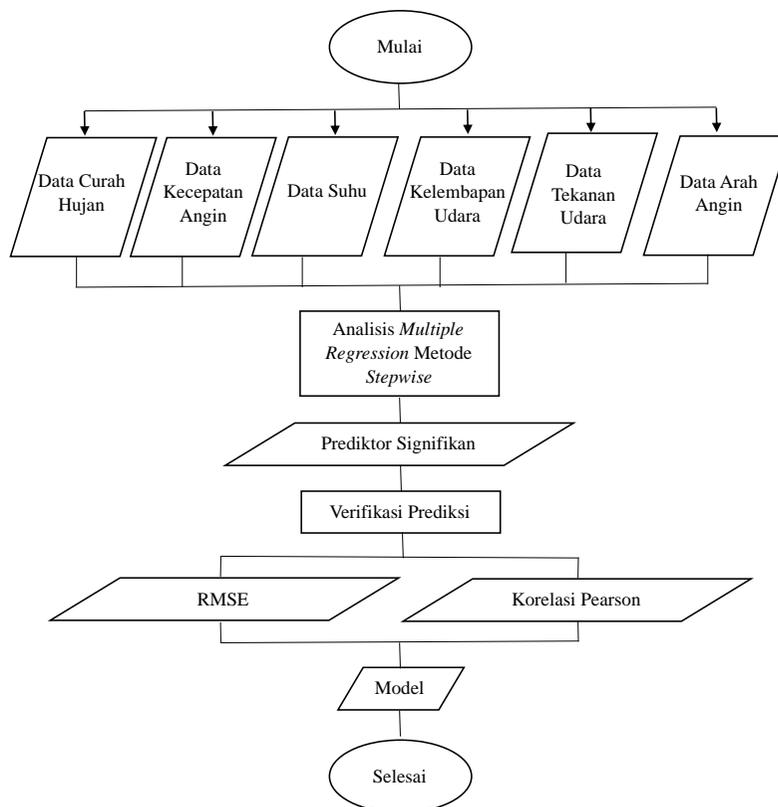
Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dikumpulkan dari data sekunder yang terdapat pada situs web sesuai kebutuhan datanya. Data-data sekunder dalam penelitian ini diunduh melalui web *National Aeronautics and Space Administration (NASA) Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER)*. Data ini mencakup data sekunder pada tanggal 13 Februari 2023 dalam format per jam (*hourly*) yang sesuai dengan periode penelitian.

2.4 Pengolahan Data

Untuk tahap pengolahan data dalam penelitian ini, dilakukan dengan mempersiapkan data dan *software* pengolahan data. Langkah-langkahnya yakni sebagai berikut:

1. Melakukan pengelompokan data terkait variabel yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan studi literatur. Data tersebut mencakup curah hujan, kelembapan udara, suhu udara, arah angin, kecepatan angin, dan tekanan udara. Kemudian data-data tersebut dimuat ke dalam tabel dengan struktur data yang sesuai menggunakan *Microsoft Excel*.
2. Mengolah data Curah Hujan (Y) dan data Faktor Cuaca (X) pada *Software* MATLAB menggunakan metode *Multiple Regression Stepwise* untuk mengidentifikasi prediktor yang signifikan dari 5 total prediktor.
3. Menghitung nilai Konstanta (a) menggunakan Persamaan 2.4 dan Koefisien (b) menggunakan Persamaan 2.5 dan 2.6. Nilai tersebut nantinya akan dimasukkan ke dalam model regresi.
4. Memasukkan nilai Konstanta (a) dan Koefisien (b) yang didapatkan ke dalam model. Kemudian menggunakan model untuk menghitung prediksi curah hujan ekstrem (Y) dari setiap kejadian yang berjumlah 24.
5. Melakukan verifikasi prediksi dengan menghitung nilai korelasi Pearson (r) (Persamaan 2.10) dan nilai RMSE (Persamaan 2.11). Nilai korelasi Pearson yang didapatkan akan diinterpretasikan berdasarkan Tabel 2.10. Jika nilai korelasi Pearson yang didapatkan dibawah 0,5 maka dianggap bahwa kemampuan prediksi model tersebut tidak bagus atau tidak dapat dipakai. Jika nilai RMSE semakin kecil maka dianggap bahwa kemampuan prediksi model tersebut juga semakin akurat.

2.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4 Bagan Alir Penelitian

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Prediktor Signifikan

Dengan menggunakan metode *Multiple Regression Stepwise* pada *Software* MATLAB untuk mengolah data penelitian secara otomatis, telah mengeliminasi 3 prediktor tidak signifikan dari total 5 prediktor. Terdapat 2 prediktor yang signifikan terhadap kejadian hujan ekstrem di Kota Makassar pada 13 Februari 2023, yaitu suhu udara dan arah angin. Tingkat signifikansi yang muncul menunjukkan seberapa besar kemungkinan prediktor tersebut memengaruhi kejadian hujan ekstrem di Kota Makassar. Semakin kecil nilai signifikansinya maka semakin bagus karena menandakan bahwa prediktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan dalam model regresi.

Metode *Multiple Regression Stepwise* mengeliminasi 5 prediktor tidak signifikan. Prediktor tidak signifikan jika nilai signifikansi $> 0,05$, sedangkan prediktor dengan nilai signifikansi $< 0,05$ akan dimasukkan ke dalam model regresi. Metode *Multiple Regression Stepwise* secara otomatis menghitung tingkat signifikansi dari setiap prediktor yang tampil dalam **Tabel 4** berikut.

Tabel 4 Prediktor Signifikan Beserta Nilai Signifikan

Prediktor (X)	Nilai Signifikan
Suhu Udara	0.000583122
Arah Angin	0.0062883

3.2 Nilai Konstanta (a) dan Koefisien (b)

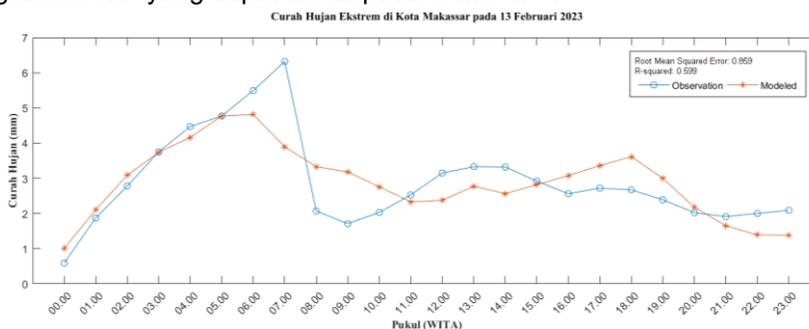
Pada **Tabel 5** terdapat hasil perhitungan nilai Konstanta (a) menggunakan **Persamaan 4** dan perhitungan nilai Koefisien (b) untuk prediktor signifikan menggunakan **Persamaan 5** dan **Persamaan 6**.

Tabel 5 Prediktor Signifikan, Nilai Konstanta (a) dan Koefisien (b)

Prediktor (X)	Koefisien (b)	Konstanta (a)
Suhu Udara	-7.2858	165.41
Arah Angin	4.5474	

3.3 Model Prediksi

Dengan menggunakan metode *Multiple Regression Stepwise*, diperoleh grafik model yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Grafik Hasil Prediksi Curah Hujan Ekstrem di Kota Makassar

Dalam analisis yang dilakukan, garis regresi model (warna merah) dan garis regresi observasi (warna biru) digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara suhu udara dan arah angin terhadap curah hujan ekstrem di Kota Makassar. Nilai korelasi antara suhu udara dan arah angin dengan curah hujan ekstrem sebesar 0.599 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cukup kuat antara suhu udara dan curah hujan ekstrem.

Berdasarkan **Persamaan 3** dan nilai Konstanta (a) dan Koefisien (b) yang sudah diperoleh, maka terbentuklah model regresi untuk menghitung prediksi curah hujan ekstrem sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 165.41 + (-7.2858 \times \text{suhu udara}) + (4.5474 \times \text{arah angin}) \quad (12)$$

Dengan:

\hat{Y} : curah hujan ekstrem

Hasil lengkap perhitungan prediksi curah hujan ekstrem (\hat{Y}) untuk setiap kejadian dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

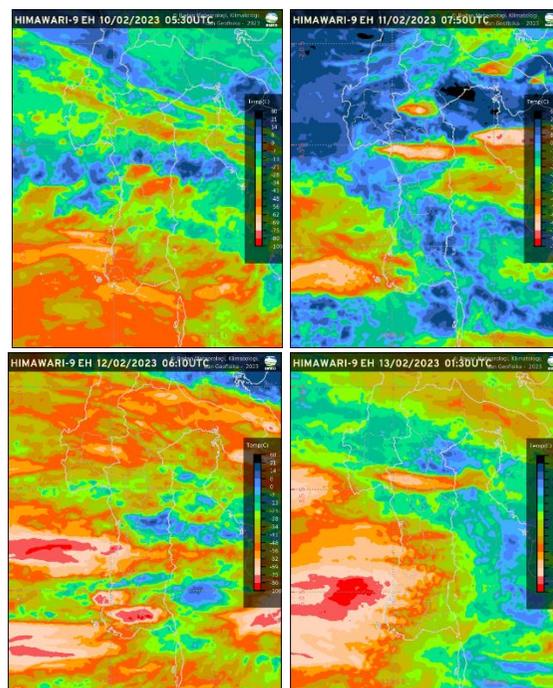
3.4 Verifikasi Prediksi Nilai Korelasi *Pearson* (r) dan RMSE

Hasil dari perhitungan nilai korelasi (r) (**Persamaan 10**) mendapatkan nilai 0,599. Nilai ini berada dalam kisaran antara 0,41 hingga 0.60 yang mengindikasikan bahwa hubungan antara prediktor curah hujan ekstrem masuk dalam kategori korelasi sedang berdasarkan **Tabel 2**. Selain itu, nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah 0,859 yang masuk dalam kategori sangat kecil berdasarkan **Tabel 3**, semakin

rendah nilai RMSE maka semakin baik akurasi prediksi dari model curah hujan ekstrem.

3.5 Analisis Citra Satelit

Citra satelit Himawari-9 EH dari BMKG menunjukkan suhu puncak awan. Warna hitam atau biru menunjukkan tidak terdapat pembentukan awan yang banyak (cerah), sedangkan warna mendekati jingga menunjukkan pertumbuhan awan yang signifikan dan berpotensi membentuk awan Cumulonimbus. Berikut citra satelit Himawari-9 EH di wilayah Sulawesi Selatan pada tanggal 10-13 Februari 2023 dengan suhu tertinggi di Kota Makassar.



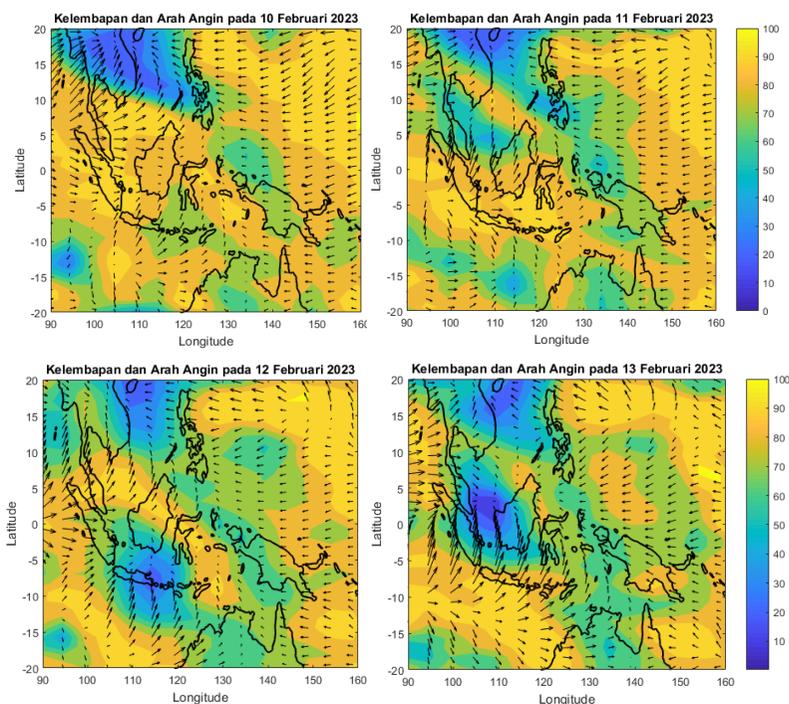
Gambar 6 Citra Satelit Himawari-9 EH di Sulawesi Selatan Dengan Suhu Tertinggi Pada 10-13 Februari 2023 (Sumber: BMKG)

Pada tanggal 10 Februari 2023 pukul 13.30 WITA menunjukkan sebaran awan di Kota Makassar dengan suhu puncak awan mencapai -69°C . Pada tanggal 11 Februari 2023 pukul 15.50 WITA menunjukkan sebaran awan di Kota Makassar dengan suhu puncak awan mencapai -56°C . Sementara pada tanggal 12 Februari 2023 pukul 14.10 WITA menunjukkan sebaran awan di Kota Makassar dengan suhu puncak

awan mencapai -80°C . Selanjutnya pada tanggal 13 Februari 2023 pukul 09.30 WITA menunjukkan sebaran awan di Kota Makassar dengan suhu puncak awan mencapai -80°C .

3.6 Peta Spasial Kelembapan Relatif dan Arah Angin

Peta spasial dari data kelembapan relatif dan arah angin di Indonesia dan sekitarnya pada tanggal 10-13 Februari 2023 dapat dilihat pada **Gambar 7** berikut.



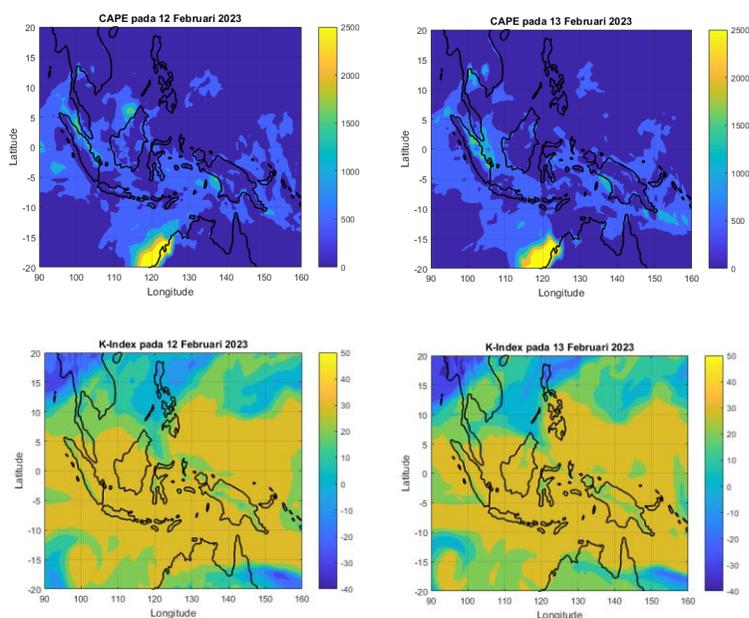
Gambar 7 Peta Spasial Kelembapan Relatif dan Arah Angin di Indonesia dan sekitarnya pada 10-13 Februari 2023

Berdasarkan **Gambar 7** dapat dilihat keterangan warna yang mewakili nilai dari kelembapan relatif yang ada di Indonesia dan sekitarnya dengan warna kuning menunjukkan nilai kelembapan relatif yang tinggi dan warna biru tua menunjukkan nilai kelembapan relatif yang rendah. Selain itu, panah pada peta tersebut menunjukkan arah angin dan kecepatan angin, di mana panjang panah yang lebih besar mengindikasikan kecepatan angin yang lebih tinggi.

Pada **Gambar 7**, plot kelembapan relatif dan vektor angin dari data NOAA dengan rentang waktu 10-13 Februari 2023 di Indonesia dan sekitarnya. Di sekitar Kota Makassar menunjukkan sebaran kelembapan relatif yang cenderung fluktuatif di Selat Makassar dengan rentang nilai 40-100%, kemudian vektor angin menunjukkan nilai kecepatan dan arah angin dengan arah anginnya dominan berasal dari arah Barat Daya Kota Makassar.

3.7 Convective Available Potential Energy (CAPE) dan K-Index (KI)

CAPE merupakan indikator ketidakstabilan atmosfer sehingga sangat berharga untuk memprediksi cuaca. Indeks CAPE terbagi dalam beberapa kategori stabilitas udara, yaitu kategori lemah (tidak stabil) dengan nilai kurang dari 1.000, sedang (tidak stabil) dengan nilai 1.000-2.500, dan kategori kuat dengan nilai lebih dari 2.500. *K-Index* (KI) merupakan indeks yang digunakan untuk mengidentifikasi proses konveksi dan hujan lebat. *K-Index* terbagi dalam beberapa kategori stabilitas udara, yaitu kategori lemah dengan nilai kurang dari 29, kategori sedang dengan nilai 29 sampai 37, dan kategori kuat dengan nilai lebih dari 37. Berikut indeks CAPE dan *K-Index* di Indonesia dan sekitarnya pada 12 dan 13 Februari 2023.

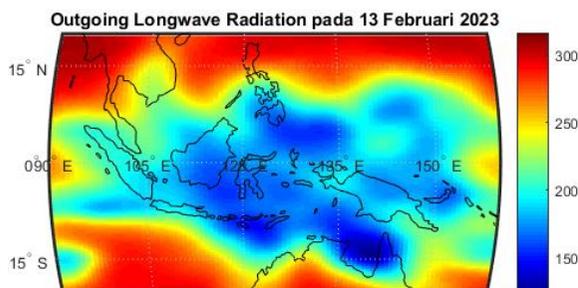


Gambar 8 Peta Spasial CAPE (atas) dan *K-Index* (bawah) di Indonesia dan sekitarnya pada 12-13 Februari 2023

Berdasarkan **Gambar 8** dapat dilihat keterangan warna yang mewakili nilai dari CAPE dan KI yang ada di Indonesia dan sekitarnya dengan warna kuning menunjukkan nilai tertinggi dan warna biru tua menunjukkan nilai terendah. Berdasarkan klasifikasi stabilitas udara di atas untuk CAPE dan KI, pada tanggal 12-13 Februari 2023 memiliki nilai CAPE kurang dari 1.000 yang mengindikasikan stabilitas udara berada dalam kategori lemah (tidak stabil), sementara pada kedua hari tersebut memiliki nilai KI lebih dari 30 mengindikasikan stabilitas udara berada dalam kategori sedang hingga kuat dengan kategori sedang memiliki nilai KI antara 29-37 dan kategori kuat memiliki nilai KI lebih dari 37.

3.8 Analisis *Outgoing Longwave Radiation* (OLR)

Outgoing Longwave Radiation (OLR) pada atmosfer berkaitan dengan jumlah awan dan suhu permukaan awan yang keduanya berhubungan dengan curah hujan. Jika nilai OLR kurang dari 200 Wb/m^2 mengindikasikan adanya awan konvektif dengan jumlah yang banyak karena gelombang panjang yang keluar tertahan oleh awan dan juga sebaliknya. OLR yang berada di Indonesia dan sekitarnya pada 13 Februari 2023 diperlihatkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9 OLR di Indonesia dan sekitarnya pada 13 Februari 2023

Berdasarkan **Gambar 9** diperoleh nilai OLR yang berada di Kota Makassar kurang dari 200 Wb/m^2 sehingga pada 13 Februari 2023 mengindikasikan terdapat banyak awan konvektif di wilayah tersebut.

3.9 Analisis *Madden-Julian Oscillation* (MJO)

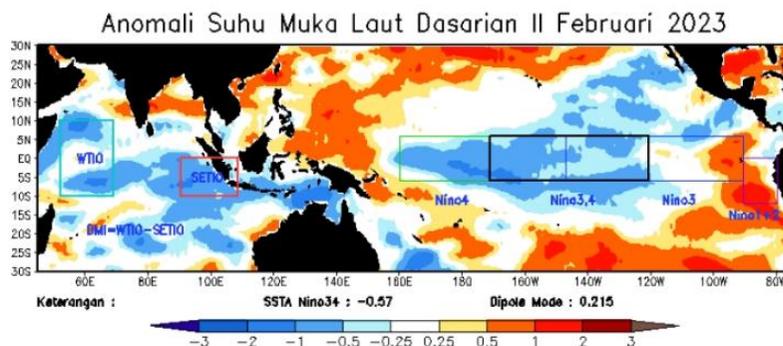
Madden-Julian Oscillation (MJO) merupakan variabilitas intra musiman utara di daerah tropis yang ditandai dengan adanya penyebaran gugus awan dan curah hujan. MJO berpengaruh secara signifikan terhadap curah hujan di wilayah tropis dan subtropis di seluruh dunia. MJO dapat dideteksi menggunakan diagram *real-time multivariate* (RMM) yang memiliki 9 fase dengan fase 4 dan 5 merupakan fase MJO sedang terjadi

Tabel 6 Real-time Multivariate (RMM) MJO pada 6-13 Februari 2023

Tahun	Bulan	Tanggal	RMM1	RMM2	Fase	Amplitudo
2023	2	6	1.36338	-1.1747	4	1.79964
2023	2	7	1.69593	-0.9216	4	1.93014
2023	2	8	1.80338	-0.666	4	1.92242
2023	2	9	1.84383	-0.2307	4	1.8582
2023	2	10	1.96278	0.2793	5	1.98255
2023	2	11	1.76588	0.93399	5	1.99767
2023	2	12	1.5746	1.61171	6	2.25321
2023	2	13	1.16798	2.13719	6	2.43552

3.9 Analisis *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO)

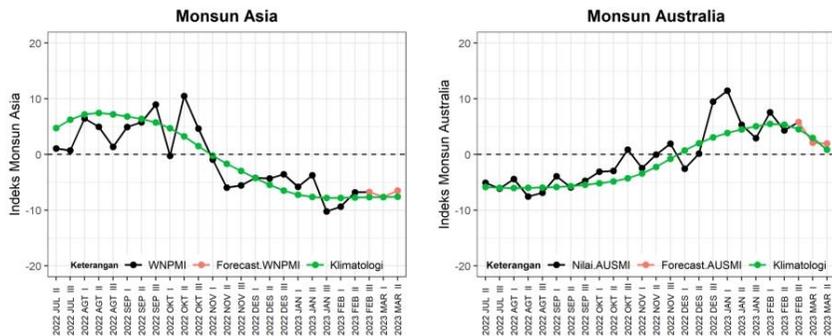
Berdasarkan analisis BMKG terkait anomali suhu muka laut pada Dasarian II Februari 2023, anomali SST di wilayah Nino 3.4 (Pasifik Tengah dan Timur) menunjukkan kondisi *La Nina* lemah dengan nilai indeks Nino 3.4 sebesar -0,57. **Gambar 11** berikut merupakan anomali suhu muka laut Dasarian II Februari 2023 dari BMKG.



Gambar 11 Anomali SST Dasarian II Februari 2023 (Sumber: BMKG, 2023)

3.10 Analisis Monsun Asia dan Monsun Australia

Berdasarkan analisis BMKG pada Dasarian II Februari 2023, diperoleh grafik berikut yang menampilkan indeks Monsun Asia (WNPMI), indeks Monsun Asia (AUSMI), *forecast* dari WNPMI dan AUSMI, serta data klimatologi dari Dasarian II Juli 2022 hingga Dasarian II Maret 2023.



Gambar 12 Indeks Monsun Asia dan Monsun Australia (Sumber: BMKG, 2023)

Berdasarkan **Gambar 12**, Monsun Asia sedang aktif dan diprediksi tetap aktif sampai Dasarian II Maret 2023, kondisi tersebut mendukung pembentukan awan di wilayah Indonesia. Sementara Monsun Australia pada Dasarian II Februari 2023 tidak aktif dan diprediksi tetap tidak aktif hingga Dasarian II Maret 2023, Monsun Australia membawa massa udara dingin dan relatif lebih kering.

BAB IV KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Multiple Regresion Stepwise*, terdapat 2 prediktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap curah hujan ekstrem di Kota Makassar pada 13 Februari 2023, yaitu suhu udara dan arah angin. Model regresi yang digunakan untuk menghitung prediksi curah hujan ekstrem dirumuskan dalam **Persamaan 12**.
2. Hasil analisis verifikasi prediksi menggunakan korelasi Pearson menunjukkan bahwa suhu udara dan arah angin memiliki hubungan yang signifikan dan tingkat akurasi yang cukup kuat dengan curah hujan ekstrem, kemudian diperoleh nilai korelasi sebesar 0,599 dengan RMSE sebesar 0,859.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. dan Susanto, D. 2003. Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *International Journal of Climatology*, 23, 1435-1452.
- Abdullah, S. E. A. N. 2021. Analisis Hubungan Indeks Nino 3.4 Dengan Curah Hujan di Jawa Tengah. *Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, 1(1), 24-30.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2024. Infografis Kejadian Bencana Tahun 2023. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. <https://bnpb.go.id/infografis/infografis-bencana-tahun-2023>, diakses tanggal 11 Mei 2024.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2023. Infografis Kejadian Bencana Tahun 2022. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. <https://bnpb.go.id/infografis/infografis-bencana-tahun-2022>, diakses tanggal 11 Mei 2024.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2016. *Risiko Bencana Indonesia*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Braun, L. (2010). Limitations of CAPE Index for Use in Central Europe. *Meteorologický časopis*, 13, 127-132.
- Cipto, H., & Putri, G. S. (2023, Februari 11). Waspada Sulsel, BMKG Keluarkan Peringatan Dini Cuaca Buruk 12-16 Februari. Kompas. <https://regional.kompas.com/read/2023/02/11/203817378/waspada-sulsel-bmkg-keluarkan-peringatan-dini-cuaca-buruk-12-16-februari>
- Fadholi, A. 2013. Persamaan Regresi Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Data Suhu dan Kelembapan Udara di Ternate. *Statistika*, 13(1), 7-16.
- Fadholi, A. 2020. Trend Curah Hujan Ekstrem Harian Berdasarkan Data PERSIANN-CCS di Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 4(1), 12-22.
- Fatimatuzzahro, L., Mulya, A., & Muzayanah, L. F. 2022. Analisis Kejadian Banjir Menggunakan Data Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Kota Batu, Tanggal 4 November 2021). *Megasains*, 13(2), 12-17.
- Fatir, M. D. (2023, Februari 13). BMKG IV: Banjir di Makassar dipicu air pasang laut. ANTARA. <https://www.antaranews.com/berita/3393627/bmkg-iv-banjir-di-makassar-dipicu-air-pasang-laut>

- Fernanda, A. G., Ihwan, A., & Adriat, R. (2024). Analisis Indeks Stabilitas Udara pada Saat Kejadian Angin Puting Beliung di Kota Pontianak. *PRISMA Fisika*, 12(1), 6-19.
- Ghani, I. M. M., & Ahmad, S. (2010). Stepwise Multiple Regression Method to Forecast Fish Landing. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 8, 549-554.
- Ginting, W., & Sebayang, L. R. M. (2020). Korelasi Antara Penayangan Indonesian Idol Season Sepuluh di RCTI Dengan Minat Menonton Masyarakat di Desa Batukarang. *JURNAL SOCIAL OPINION: Jurnal Ilmiah Ilmu Komunikasi*, 5(2), 183-197.
- Hermawan, E. (2021). Indeks Monsun Asia-Australia dan Aplikasinya. *LIPI Press*, 37.
- Kahar, F. P., Abidin, K., & Ilham, R. (2024). Analisis Tingkat Intensitas Curah Hujan, Tekanan Udara serta Suhu Udara di Wilayah Paotere Makassar Selama Periode Tahun 2022. *Jurnal Sains Fisika*, 4(1), 27-36.
- Kartika, L. G. S., Wiyati, R. K., & Wulandari, M. P. (2014). Komparasi Metode Multiple Regression dan Regresi Sederhana Untuk Peramalan Volume Penjualan. *Eksplora Informatika*, 4(1), 83-92.
- Lembang, F. K. (2011). Analisis Regresi Berganda dengan Metode *Stepwise* pada Data HBAT. *Jurnal Berekeng*, 5(1), 15-20.
- Lestari, R. E., Putri, A. R., & Nugraheni, I. R. (2017). Analisis Korelasi Suhu Muka Laut dan Curah Hujan di Stasiun Meteorologi Maritim Kelas II Kendari Tahun 2005 – 2014. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya)*, 192-200, E-ISSN: 2548-8325 / P-ISSN 2548-8317.
- Luthfiarta, A., Febriyanto A., Lestiawan, H., & Wicaksono, W. (2020). Analisa Prakiraan Cuaca dengan Parameter Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara, dan Kecepatan Angin Menggunakan Regresi Linear Berganda. *Journal of Information System*, 5(1), 10-17.
- Marpaung, S., Satiadim D., & Harjana, T. (2012). Analisis Kejadian Curah Hujan Ekstrem di Pulau Sumatera Berbasis Data Satelit TRMM dan Observasi Permukaan. *Jurnal Sains Dirgantara*, 9(2), 127-138.
- Maulidani, S. S., Ihsan, S., & Sulistiawaty. (2015). Analisis Pola dan Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Data Observasi dan Satelit *Tropical Rainfall Measuring Missions (TRMM) 3b42 V7* di Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 11(1), 98-103.

- Maulita, M. & Nurdin. (2023). Pendekatan Data Mining Untuk Analisa Curah Hujan Menggunakan Metode Regresi Linear Berganda (Studi Kasus: Kabupaten Aceh Utara). *Idealis: Indonesia Journal Information System*, 6(2), 99-106.
- Mukaka, M. M. (2012). Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, 24(3), 69-71.
- Muttaqin, A., Muhammad, F. N., & Abdillah, P. A. (2016). Analisis Profil CAPE (Convective Available Potential Energy) Selama Kegiatan Intensive Observation Period di Dramaga Bogor. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(2), 83-89.
- Muzani, M. A., Sukri, M. I. A., Fauziah, S. N., Pradnya, W. M., & Suyonto, A. (2021). Algoritma Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Untuk Perkiraan Intensitas Curah Hujan. *Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi (SISFOTEK)*, 102-106, ISSN 2597-3584.
- Natasha, I., Putra, Y. S., & Adriat, R. (2021). Keterkaitan Outgoing Longwave Radiation Dengan Intensitas Curah Hujan di Paloh Kabupaten Sambas Kalimantan Selatan. *PRISMA FISIKA*, 9(2), 160-165.
- Nuraya, T., Ihwan, A., & Apriansyah. (2016). Analisis Hujan Ekstrim Berdasarkan Parameter Angin dan Uap Air di Kototabang Sumatera Barat. *PRISMA FISIKA*, 7(1), 22-27.
- Pandia, F. S., Sasmito, B., Sukmono, A. (2019). Analisis Pengaruh Angin Monsun Terhadap Perubahan Curah Hujan Dengan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 278-287.
- Prakoso, D. G., Sulistiyono, H., Setiawan, E. (2023). Pemanfaatan Koreksi Bias Data Hujan Satelit pada Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Daerah Irigasi Pandanduri Suwangi). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 17297-17313.
- Priyahita, F. W., Sugianti, N., & Aliah H. (2016). Analisis Taman Alat Cuaca Kota Bandung dan Sumedang Menggunakan Satelit Terra Berbasis Python. *ALHAZEN Journal of Physics*, 2(2), 28-37.
- Purwanti, S. D., Weyai, S. L., Haryanto, Y. D., & Mulya, A. (2023). Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat di Sintang Menggunakan Satelit Cuaca dan Model ECMWF (Kasus: 30 September 2021). *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 8(1), 241-252.

- Santoso, B., Siregar M. R. T., Multi A., & Ridwan, M. (2023). Analisis Otomatisasi Kalibrator Tekanan Udara Portabel dengan Pengontrol PID dengan Metode Ziegler-Nichols dan Åström-Hägglund. *SAINSTECH*, 33(1), 45-51.
- Sari, V., & Maulidany, D. A. (2020). Prediksi Kecepatan Angin Dalam Mendeteksi Gelombang Air Laut Terhadap Skala Beaufort Dengan Metode Hybrid ARIMA-ANN. *Jurnal UNIMUS*, 8(1), 8–17.
- Setiawan, A., Tuna, M. S., Qulub, A. R., & Nugraheni, I. R. (2022). Analisis Secara Fisis dan Dinamis Kejadian Hujan Penyebab Banjir di Makassar Tanggal 20 Februari 2022. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 12(1), 18-25.
- Sitinjak, L., Afriani, A., Padang, W. S., & Munthe, E. (2023). Pengaruh Curah Hujan dan Kecepatan Angin Terhadap Hasil Tangkapan Purse Seine Periode Tahun 2022 di Perairan Pantai Barat Sumatra. *Jurnal Penelitian Terapan Perikanan dan Kelautan*, 5(2), 51-53.
- Soemarno, M.C., Arsyad, M., Subaer, & Prasetyo, A. (2022). Analisis Hujan Ekstrem di Wilayah Makassar Periode 2017-2021. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 11(4), 542-547.
- Sulistiyono, M., Sidauruk, A., Satria, B., & Wardhana R. (2023). *Rainfall Prediction Using Multiple Linear Regression Algorithm*. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)*, 9(1), 17-22.
- Tallama, N., Ihsan, N., & Patandean, A.J. (2016). Analisis Pengaruh *Madden Julian Oscillation* (MJO) Terhadap Curah Hujan di Kota Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 12(3), 324-329.
- Utami, A. K., Akhsan, H., & Andriani, N. (2024). Dinamika Trend Curah Hujan Ekstrem di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung sebagai Indikasi Dampak Pemanasan Global. *JoP*, 9(2), 49-60.
- Wicaksono, R., Irawan, J. D., & Wibowo, S. A. (2023). Sistem Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda Berbasis IOT. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(5), 1-8.
- Wijayanti, D., Rahmawati, E., & Sucahyo, I. (2015). Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino Uno Atmega 328P. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3), 150-156.

LAMPIRAN**Lampiran 1.** Data Curah Hujan di Kota Makassar pada 13 Februari 2023

Waktu	Hujan (mm)
00:00	0,59
01:00	1,87
02:00	2,78
03:00	3,75
04:00	4,47
05:00	4,77
06:00	5,49
07:00	6,32
08:00	2,07
09:00	1,71
10:00	2,03
11:00	2,53
12:00	3,15
13:00	3,33
14:00	3,32
15:00	2,92
16:00	2,56
17:00	2,72
18:00	2,67
19:00	2,39
20:00	2,02
21:00	1,91
22:00	2
23:00	2,09

Lampiran 2. Data Kecepatan Angin, Suhu, Kelembaban Udara, Tekanan Udara, Arah Angin per jam di Kota Makassar pada 13 Februari 2023

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Suhu (°)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (kPa)	Arah angin (radian)
00.00	4,62	25,73	90,06	99,74	5.07157774
01.00	4,8	25,58	90,69	99,67	5.071752273
02.00	4,95	25,46	91,31	99,63	5.095488751
03.00	5,01	25,4	91,81	99,65	5.143310773
04.00	5,03	25,37	92,31	99,69	5.187816669
05.00	4,92	25,34	92,62	99,74	5.273512335
06.00	4,86	25,39	92,81	99,8	5.363222258
07.00	4,9	25,56	92,69	99,85	5.433384494
08.00	5,18	25,65	92,12	99,9	5.45397938
09.00	5,46	25,67	90,69	99,88	5.453281248
10.00	5,69	25,73	89,56	99,84	5.456073775
11.00	6,2	25,78	89,31	99,79	5.442460206
12.00	6,67	25,76	89,31	99,72	5.420643591
13.00	6,78	25,7	89,62	99,63	5.411218813
14.00	6,47	25,74	89,56	99,58	5.429370237
15.00	5,99	25,73	90,06	99,55	5.469163744
16.00	5,53	25,71	91	99,55	5.494820084
17.00	5,31	25,67	91,88	99,57	5.492551156
18.00	5,38	25,6	92,25	99,61	5.436177021
19.00	5,37	25,66	92,12	99,65	5.396907113
20.00	5,44	25,76	91,81	99,7	5.376661294
21.00	5,63	25,83	91,44	99,74	5.372821569
22.00	6	25,87	91,12	99,72	5.379628353
23.00	6,4	25,87	91,19	99,68	5.378406623

Lampiran 3. Program MATLAB untuk Pemodelan Pengaruh Faktor Cuaca Signifikan terhadap Curah Hujan Ekstrem Menggunakan *Multiple Regression Stepwise*

```
%calculate persentase kebenaran model stepwise kasus
Hujan Ekstrem
```

```

%Halmar Halide, Hydrometeorology, Geophysics Dept.
FMIPA UNHAS
%TUGAS AKHIR = SITTI MUSTAQIMA M SHALEH (H061201053)

clear
clf
clc

%Input data
data = xlsread('13Feb23');
[m,n] = size(data);

% Ambil CURAH HUJAN EKSTREM & Faktor Cuaca
factors = data(:,2:6);
hujan = data(:,1);

% Multiple Regression metode Stepwise untuk Setiap
Data
mdl = stepwiselm(factors,hujan,'PEnter',0.05); %
Semicolon ditambahkan untuk menghindari output yang
panjang

%Signifikansi Prediktor
tetapan = 165.41;
koefisien_2 = -7.2858;
koefisien_5 = 4.5474;
x2 = factors(:,2);
x5 = factors(:,5);
hujan_all = tetapan + koefisien_2 * x2 + koefisien_5
* x5;

%Menghitung Nilai Korelasi, Skor, RMSE, dan eRMSE
hasil = pearmsel(hujan, hujan_all);
r_all = hasil(1,1);
r2_all = r_all * r_all;
delta_r2_all = r_all * sqrt(2) * hasil(1,2);
time = 1:m;

%Menghitung Nilai Koefisien Standar Beta
Y = hujan;
X = [ones(m,1), x2, x5]; % tambahkan kolom ones
untuk intercept
[B,~,~,~,stats] = regress(Y,X); % Gunakan fungsi
regress untuk mendapatkan koefisien beta

```

```

%Menampilkan Grafik Multiple Regresision
plot(time, hujan, '-o', time, hujan_all, '-*')
title({'Curah Hujan Ekstrem di Kota Makassar pada 13
Februari 2023';''}, 'FontName', 'Times New Roman',
'FontWeight', 'bold')
xlabel('Pukul (WITA)', 'FontName', 'Times New
Roman', 'FontWeight', 'bold')
ylabel('Curah Hujan (mm)', 'FontName', 'Times New
Roman', 'FontWeight', 'bold')

% Set x ticks menjadi interval jam (00-23) dengan
format '00.00' dan rotasi label menjadi 45 derajat
xticks(1:24)
xticklabels({'00.00', '01.00', '02.00', '03.00', '04.00'
, '05.00', '06.00', '07.00', '08.00', '09.00', '10.00', '11
.00', '12.00', '13.00', '14.00', '15.00', '16.00', '17.00'
, '18.00', '19.00', '20.00', '21.00', '22.00', '23.00'})
xtickangle(45)

legend('Observation', 'Modeled', 'Location', 'SouthWest
', 'Orientation', 'horizontal')
legend boxoff

```

Lampiran 4. Program MATLAB Fungsi Tambahan

```

function hasil=pearmsel(data,pred);
[n,m]=size(data);
RMSE= sqrt(mean((pred-data).^2));%
korr_p1=xcorr(pred,data,'coeff'); %
kor_lama=korr_p1(n+1); kor_lama=korr_p1(n);
%exittt
mp=mean(pred); md=mean(data);
kpd=sum((pred-mp).*(data-md));
kp=sqrt(sum((pred-mp).*(pred-mp)));
kd=sqrt(sum((data-md).*(data-md)));
if kpd==0
    kor_baru=0
else
    kor_baru=kpd./(kp.*kd);
end
r=kor_baru;
%hasil= [kor_lama kor_baru RMSE];
eRMSE=RMSE.*sqrt(1./(2.*n)); skor=(1-r.^2)./sqrt(n-
1);
hasil=[r skor RMSE eRMSE];

```