

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketahanan pangan adalah keadaan di mana kebutuhan pangan suatu negara hingga individu terpenuhi. Hal tersebut tercermin dari ketersediaan pangan yang mencukupi dalam hal kuantitas dan kualitas, aman, beragam, bergizi, merata, serta terjangkau. *Food and Agriculture Organization* (FAO) mendefinisikan ketahanan pangan sebagai situasi di mana semua orang, setiap saat, memiliki akses fisik, sosial, dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi yang memenuhi kebutuhan dan preferensi makanan mereka untuk kehidupan yang aktif dan sehat. Dari definisi tersebut terdapat empat dimensi penting dari pasokan pangan antara lain ketersediaan, stabilitas, akses, dan pemanfaatan (Schmidhuber & Tubiello, 2007). Salah satu komoditas pangan yang memainkan peran penting dalam mendukung ketahanan pangan global adalah biji kakao, yang tidak hanya menjadi bahan baku makanan populer tetapi juga memiliki nilai ekonomi signifikan.

Kakao, sebagai tumbuhan tropis asli Amerika Selatan, merupakan bahan utama dalam berbagai produk makanan yang dikonsumsi secara global. Komoditas ini tidak hanya memenuhi permintaan pasar yang tinggi tetapi juga memberikan kontribusi besar pada perekonomian negara-negara produsen, terutama di kawasan Afrika Barat seperti *Côte d'Ivoire* dan Ghana. Kakao menjadi tulang punggung perekonomian negara-negara ini, baik dalam bentuk devisa nasional maupun pendapatan bagi jutaan keluarga petani. (Afoakwa, 2014). Di Asia, Indonesia juga memegang peranan penting sebagai produsen kakao terbesar ketiga setelah *Côte d'Ivoire* dan Ghana. Berdasarkan data *International Cocoa Organization* (ICCO) tahun 2021/2022, produksi kakao Indonesia menempatkannya di peringkat ke-7 secara global dan menjadi eksportir kakao utama di kawasan Asia. Meskipun demikian, ketiga negara produsen kakao terbesar ini menghadapi ancaman besar terhadap keberlanjutan produksi mereka, terutama akibat dampak perubahan iklim.

Perubahan iklim telah menjadi tantangan serius bagi sektor pertanian secara global. Variabilitas iklim dan perubahan pola cuaca, baik karena penyebab alami maupun aktivitas manusia, memiliki dampak langsung terhadap sistem produksi tanaman pangan, termasuk kakao. Curah hujan yang tidak menentu dan suhu yang meningkat akibat emisi gas rumah kaca berpotensi mengurangi produktivitas tanaman dan meningkatkan risiko gagal panen. Dampak ini akan bervariasi antar lokasi, tergantung tingkat pemanasan global dan pola perubahan iklim lokal. Perubahan iklim dapat memperburuk kemiskinan di negara-negara berkembang dengan menurunkan produktivitas pertanian, yang pada akhirnya memengaruhi stabilitas ketahanan pangan global (Wheeler & Braun, 2013).

Produksi kakao, seperti halnya banyak komoditas pertanian lainnya, sangat dipengaruhi oleh dinamika atmosfer dan pola iklim global, termasuk *Monsoon*, *El Niño Southern Oscillation* (ENSO), dan *Madden-Julian Oscillation* (MJO). *Monsoon* adalah sistem angin musiman yang membawa perubahan besar terhadap pola curah hujan di

berbagai bagian dunia. Curah hujan yang berlebihan atau kekeringan akibat pergeseran pola *Monsoon* dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman kakao dan hasil panen. Selain itu, fenomena ENSO, yang mencakup *El Niño* dan *La Niña*, menyebabkan variabilitas iklim yang signifikan. ENSO adalah fenomena atmosfer yang berpusat di wilayah ekuatorial samudera pasifik yang menyebabkan anomali iklim global. Selama fase *El Niño*, banyak wilayah tropis mengalami kekeringan yang dapat menurunkan produktivitas kakao, sementara *La Niña* sering kali membawa curah hujan berlebih yang dapat meningkatkan risiko penyakit tanaman. Di sisi lain, MJO yang merupakan gelombang di kawasan tropis yang menjalar dari barat (samudera hindia) ke timur (samudera pasifik) dengan periode 30-60 hari juga dapat memengaruhi siklus pertumbuhan kakao (Fajarianti et al., n.d.). Interaksi kompleks antara ketiga fenomena ini menambah tantangan dalam mempertahankan stabilitas produksi kakao di tengah ancaman perubahan iklim yang semakin meningkat.

Pengaruh variabilitas iklim yang disebabkan oleh *Monsoon*, ENSO, dan MJO terhadap produksi kakao menunjukkan bahwa dinamika iklim memiliki peran yang krusial dalam menentukan keberhasilan sektor pertanian. Perubahan pola cuaca ini tidak hanya memengaruhi hasil panen tetapi juga stabilitas pasokan kakao global, yang berimplikasi langsung pada ketahanan pangan dan ekonomi negara-negara produsen. Oleh karena itu, penelitian yang lebih mendalam mengenai hubungan antara *Monsoon*, ENSO, dan MJO terhadap fluktuasi produktivitas kakao sangat diperlukan. Penelitian semacam ini dapat memberikan wawasan strategis untuk mengembangkan teknik adaptasi pertanian yang lebih efektif, meningkatkan ketahanan produksi kakao di masa depan, dan membantu pemangku kebijakan dalam merumuskan kebijakan berbasis bukti yang mendukung keberlanjutan komoditas kakao serta ketahanan pangan global.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1 Memodelkan pengaruh *Monsoon*, *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO), dan *Madden Julian Oscillation* (MJO) terhadap produktivitas tanaman kakao di *Côte d'Ivoire* (Pantai Gading), Ghana, dan Indonesia dengan menggunakan regresi linear
- 2 Menganalisis pengaruh *Monsoon*, *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO) dan *Madden Julian Oscillation* (MJO) terhadap produktivitas tanaman kakao di *Côte d'Ivoire* (Pantai Gading), Ghana dan Indonesia dengan menggunakan skill *Percent Correct* (PC)

1.2.2 Manfaat

Penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang bagaimana fenomena iklim yaitu *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO), *Madden Julian Oscillation* (MJO), dan *Monsoon* mempengaruhi produktivitas tanaman kakao di *Côte d'Ivoire* (Pantai Gading), Ghana dan Indonesia. Selain itu penelitian ini juga dapat digunakan oleh petani kakao, pengelola perkebunan, pembuat

kebijakan atau instansi terkait dalam mengembangkan strategi mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

1.3 Landasan Teori

1.3.1 Tanaman Kakao

Tanaman kakao (*Theobroma cacao L*) adalah tanaman yang berasal dari Amerika Selatan bagian Utara dan Amerika Tengah. Kakao merupakan bahan utama dari beberapa produk makanan yang dikonsumsi di seluruh dunia yang membuatnya memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi. Kata kakao diadaptasi dari bahasa suku Aztec, “*Cacahuatl*” dan suku Maya, “*Kakaw*” yang selanjutnya istilah “kakao” digunakan di negara-negara bagian utara untuk mendeskripsikan produk yang berasal dari biji kakao yang telah diproses (Lafargue-Molina & Allainguillaume, 2021). *Theobroma cacao L* adalah tanaman perennial yang tumbuh di sekitar garis khatulistiwa dengan suhu antara 20-30 derajat *Celsius*. Faktor-faktor seperti iklim, curah hujan, suhu, dan kelembaban memainkan peran penting dalam pertumbuhannya. Tanaman ini memerlukan air sekitar 3-6 mm per hari selama musim hujan dan kurang dari 2 mm air per hari selama musim kemarau. Iklim tropis yang lembab membuat tanaman kakao banyak ditemukan di daerah tersebut (Carr & Lockwood, 2011).

Sebagian besar kakao di dunia diproduksi oleh petani kecil di Afrika, Amerika Latin, Asia, dan Oseania, dengan lahan berkisar 1 hingga 10 hektar dan dapat menghasilkan lebih dari 90% dari total produksi kakao (Farag et al., 2022). Pasokan kakao global terus meningkat selama 30 tahun terakhir dengan harga pasar yang rendah sejak tahun 1990. Pada saat yang sama, permintaan kakao terus mengimbangi pasokan dan terus meningkat. Hal ini dikarenakan konsumen kakao yang meningkat pula dengan memproduksi bahan makanan seperti mentega kakao, cokelat cair, es krim, produk roti, dan minuman berbasis kakao. Selain dari itu, kakao juga digunakan dalam industri kosmetik dan farmasi.

Saat ini, terdapat 10 negara penghasil kakao terbesar dunia dengan menghasilkan 91,5% kakao dari produksi kakao global. *Côte d'Ivoire* (Pantai Gading), menjadi penghasil terbesar dengan produksi mencapai 2.230.000 ton, diikuti Ghana dengan 1.108.663 ton, dan Indonesia sebesar 667.296 ton. Negara lainnya seperti Ekuador, Kamerun, Nigeria dan yang lainnya juga menyumbang produksi kakao dalam jumlah signifikan (FAO, 2024).

Tabel 1. Urutan Negara Produsen Kakao Dunia Tahun 2022 (FAO, 2024)

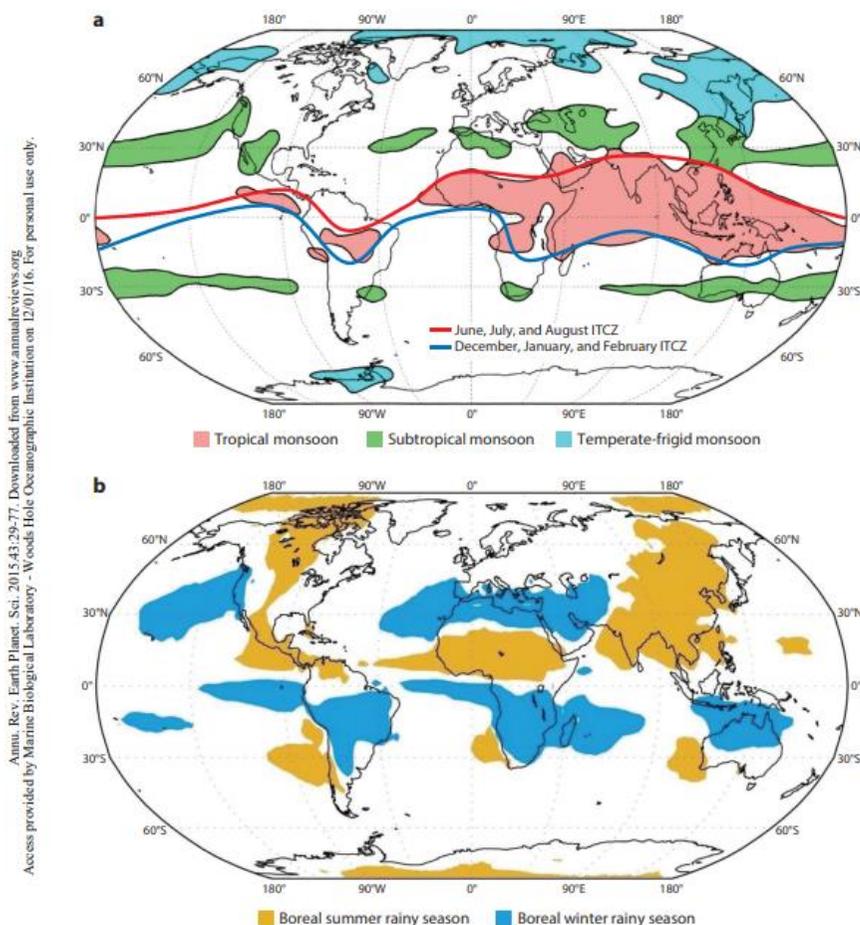
Ranking	Negara	Produksi (ton)
1	Côte d'Ivoire	2.230.000
2	Ghana	1.108.663
3	Indonesia	667.296
4	Ecuador	337.149
5	Cameroon	300.000
6	Nigeria	280.000
7	Brazil	273.873
8	Peru	171.177
9	Dominika Republic	75.900
10	Colombia	62.158

1.3.2 Monsoon

Monsoon global adalah perubahan musiman besar dalam sirkulasi atmosfer di seluruh dunia. Perubahan ini terjadi karena pergeseran sistem tekanan yang dipengaruhi oleh siklus tahunan radiasi matahari dan interaksi antara darat, udara, dan laut. Kata *Monsoon* berasal dari bahasa Arab dari kata "*Mausam*" yang berarti musim. *Monsoon* didefinisikan sebagai angin yang berubah arah selama setahun atau angin yang bertiup musiman dan merupakan sistem sirkulasi regional. Secara tradisional, istilah *Monsoon* digunakan untuk merujuk pada iklim yang terlihat secara nyata berubah secara musiman dikarenakan pergantian angin kuat diantara musim dingin, dan musim panas, khususnya di wilayah tropis seperti Asia, Australia, Afrika, dan Samudera Hindia. Penggunaan istilah ini lalu dipakai secara lebih spesifik untuk merujuk pada wilayah dengan perubahan jelas antara musim dingin yang kering, dan musim panas yang basah. Merujuk pada istilah tersebut, wilayah *Monsoon* terdistribusi secara global pada seluruh dataran tropis, serta pada lautan tropis yang meliputi Barat Laut Pasifik, Timur Laut Pasifik, dan Samudera Hindia Selatan. Sistem *Monsoon* merupakan variasi dominan pada iklim tropis yang berdampak secara mendalam pada iklim lokal, regional, dan global.

Secara umum dapat digambarkan bahwa *Monsoon* berhubungan dengan fluktuasi *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ) disekitar sabuk ekuator sehingga keberadaan monsoon tidak bergantung pada perbedaan antara daratan dan lautan yang kontras. *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ) adalah sabuk tekanan rendah yang melingkari bumi di dekat khatulistiwa, di mana angin pasat dari belahan bumi utara dan Selatan bertemu. Zona ini dikenal dengan curah hujan yang tinggi dan tutupan awan yang tebal. Pergerakan ITCZ dipengaruhi oleh pemanasan matahari yang bervariasi setiap musim, menyebabkan ITCZ bergeser ke utara dan Selatan sepanjang tahun (Satiadi et al., 2023).

Pergeseran ITCZ yang mengikuti lintasan matahari memicu angin *Monsoon* yang membawa kelembaban dari lautan menuju daratan, menyebabkan musim hujan pada wilayah tertentu. Hal ini menekankan bahwa *Monsoon* lebih terkait dengan dinamika atmosfer global yang melibatkan pergerakan ITCZ daripada sekadar kontras daratan-lautan (Geen et al., 2020).



Gambar 1. Distribusi sistem monsoon dan zona curah hujan terkait dengan Intertropical (Zhisheng et al., 2015).

Pada **Gambar 1a** menunjukkan distribusi geografis sistem *monsoon* global berdasarkan data *reanalysis National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) (1958–2001). Di sini, area yang berwarna menunjukkan wilayah dengan indeks musiman yang signifikan. Garis merah tebal mewakili posisi ITCZ selama musim panas boreal (Juni, Juli, Agustus), sementara garis biru tebal menunjukkan posisi ITCZ selama musim dingin boreal (Desember, Januari, Februari). **Gambar 1b** menunjukkan distribusi indeks musim kering-basah musiman berdasarkan data curah hujan *Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation* (CMAP) (1979–2008). Warna jingga menunjukkan wilayah di mana musim panas boreal adalah musim hujan, sementara warna biru menunjukkan wilayah di mana musim dingin boreal adalah musim hujan (Zhisheng et al., 2015). Salah satu indikator utama untuk mengukur intensitas *Monsoon* adalah *Webster-Yang Monsoon Index* (WYMI). WYMI dikembangkan untuk menilai kekuatan angin zonal pada tingkat atmosfer yang berbeda, yang mencerminkan dinamika *Monsoon*. Index ini dihitung berdasarkan perbedaan kecepatan angin zonal antara tingkat tekanan 850 hPa dan 200 hPa untuk wilayah Asia Selatan. Sedangkan untuk Afrika Barat dihitung

berdasarkan perbedaan angin pada 200 hPa dan 925 hPa. Secara matematis WYMI dapat dituliskan sebagai berikut

$$WYMI_{Asia Selatan} = \overline{u_{850}} - \overline{u_{200}} \quad (1)$$

$$WYMI_{Afrika Barat} = \overline{u_{200}} - \overline{u_{925}}$$

dimana:

$\overline{u_{850}}$: rata-rata kecepatan angin zonal pada tekanan 850 hPa

$\overline{u_{200}}$: rata-rata kecepatan angin zonal pada tekanan 200 hPa

$\overline{u_{925}}$: rata-rata kecepatan angin zonal pada tekanan 925 hPa

Berdasarkan wilayah identifikasinya *Monsoon* dapat dibagi dalam beberapa wilayah diantaranya *Monsoon Asia Selatan (South Asian Monsoon)* dan *Monsoon Afrika Barat (West African Monsoon)*.

1. *Monsoon Afrika Barat*

Monsoon Afrika Barat dimulai di dekat garis khatulistiwa dengan curah hujan tinggi di Teluk Guinea pada bulan April. Curah hujan ini berlanjut hingga akhir Juni, dengan puncak kedua yang terbentuk di dekat 10°LU pada akhir Mei. Curah hujan tertinggi kemudian bergeser dengan cepat ke puncak kedua ini pada akhir Juni, diiringi dengan perubahan arah angin dari timur laut menjadi barat daya di bagian selatan dari area puncak curah hujan tersebut. Curah hujan berangsur-angsur melemah dari agustus hingga september, dan puncak curah hujan kembali bergeser ke arah khatulistiwa. Di wilayah Sahel, curah hujan muson menyumbang sekitar 75-90% dari total curah hujan tahunan.

2. *Monsoon Asia Selatan*

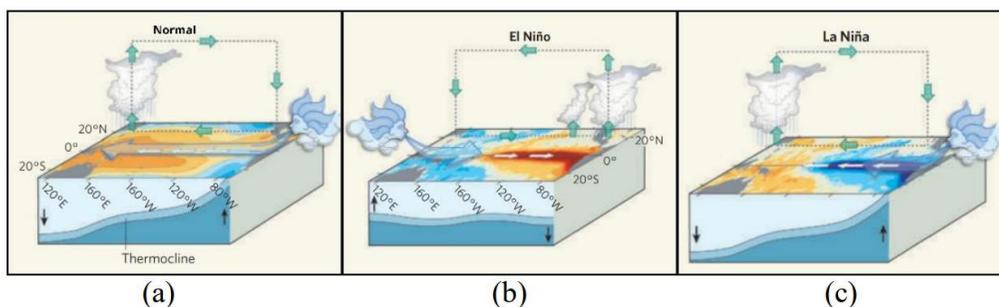
Monsoon Asia Selatan adalah salah satu sistem *Monsoon* yang paling dikenal dan mempengaruhi India, Bangladesh, Nepal, dan sebagian wilayah Asia Tenggara. *Monsoon Asia Selatan* ditandai dengan perubahan arah angin dari angin musim dingin yang kering menjadi angin musim panas yang lembab. Pada musim dingin, angin bergerak dari daratan Asia yang dingin menuju lautan yang lebih hangat. Namun, saat musim panas tiba, angin berbalik menjadi angin yang berasal dari Samudra Hindia dan Laut Arab yang membawa kelembaban ke daratan India (Satiadi et al., 2023). Onset *Monsoon* dimulai di Teluk Benggala bagian selatan, dengan curah hujan pertama kali muncul antara akhir April dan pertengahan Mei. Monsun kemudian bergerak ke utara menuju Kerala, sebuah negara bagian di barat daya India, dengan onset terjadi antara pertengahan Mei dan pertengahan Juni. Pada waktu yang hampir bersamaan, onset *Monsoon* juga terjadi di atas Laut Cina Selatan, biasanya antara awal Mei dan pertengahan Juni

1.3.3 *El-Niño Southern Oscillation (ENSO)*

El-Niño Souther Oscilation (ENSO) merupakan fenomena laut-atmosfer yang saling berhubungan dengan variable iklim seperti awan, angin, suhu permukaan laut, dan arus laut di wilayah equator samudera pasifik. Fenomena ENSO mengakibatkan penyimpangan kondisi atmosfer secara global dan non periodik. Penyimpangan tersebut

salah satunya diakibatkan karena perubahan tekanan permukaan laut di Tahiti dan Darwin. Dari perbedaan tekanan kedua wilayah tersebut dijadikan dasar pembuatan indeks *Southern Oscillation Index* (SOI). Nilai SOI di bawah -7 menyatakan *El-Niño* yang diikuti kenaikan suhu permukaan laut di Pasifik bagian tengah dan timur. Sebaliknya, pada saat nilai SOI di atas +7 mengindikasikan terjadinya *La-Niña* yang diikuti dengan meningkatnya suhu di utara Australia dan Indonesia bagian timur (Hanafi, 2023).

Istilah *El-Niño* berasal dari bahasa Spanyol "*El-Niño*" yang berarti anak laki sedangkan "*La Nina*" atau "*La Niña*" dalam bahasa Spanyol artinya anak perempuan. Istilah ini pertama kali muncul pada abad ke-17 ketika nelayan Peru mengobservasi fenomena pemanasan air di samudera pasifik. Fenomena ini terbagi menjadi 3 kondisi yaitu *El Niño*, *La Nina*, dan kondisi netral.



Gambar 2. Kondisi laut dan sirkulasi atmosfer di wilayah tropis samudera pasifik pada kondisi (a) normal, (b) *El-Niño*, dan (c) *La-Niña* (Ashok & Yamagata, 2009).

Gambar 2a menunjukkan kondisi netral dimana sirkulasi atmosfer yang bergerak dari timur ke barat (sirkulasi walker) mengakibatkan suhu permukaan laut (SST) dan bawah permukaan laut bagian timur menjadi lebih dingin dan termoklin menjadi lebih dangkal (suhu lebih rendah), sedangkan SST dibagian barat lebih hangat dan termoklin yang lebih dalam (suhu lebih tinggi). **Gambar 1b** menunjukkan proses di mana kondisi angin timur melemah selama periode *El-Niño* yang kemudian memicu perubahan dalam sirkulasi laut dan membawa kembali suhu panas ke wilayah timur yang memperkuat anomali SST. Dengan penguatan angin pasat ini, terjadi penumpukan air hangat di sebagian besar wilayah barat pasifik sehingga SST di wilayah tersebut menjadi lebih hangat dari kondisi normal. Sementara itu, suhu permukaan laut di sebelah timur samudera Pasifik tropis menjadi lebih rendah dari biasanya seperti yang digambarkan pada **Gambar 1c** (Bureau of Meteorology, 2012).

Ada dua indikator utama yang dapat digunakan dalam memprediksi ENSO yaitu *Sea Surface Temperature* (SST) dan *Southern Oscillation Index* (SOI).

1. *Sea Surface Temperature* (SST)

Sea Surface Temperature (SST) mengacu pada suhu permukaan laut. *El-Niño* terjadi ketika SST tropis di pasifik timur meningkat sebesar 0.5°C . Dari segi besaran anomali SST, indeks *El-Niño* terbagi menjadi tiga kategori yaitu *El-Niño* lemah, sedang, dan kuat. *El-Niño* lemah terjadi jika deviasi SST pasifik ekuator $+0.5^{\circ}\text{C}$ - 1.0°C dan berlangsung minimal 3 bulan. *El-Niño* sedang terjadi jika penyimpangan SST di pasifik khatulistiwa adalah $+1.1^{\circ}\text{C}$ - $+1.5^{\circ}$ selama minimal 3 bulan. *El-Niño* kuat

terjadi jika penyimpangan SST di pasifik khatulistiwa $>1.5^{\circ}\text{C}$ dan berlanjut selama 3 bulan berturut-turut (Trenberth, 1997). Indikator SST Nino 3.4 paling umum digunakan untuk menganalisis terjadinya ENSO di Indonesia. Tahun *El Niño* ditandai ketika nilai anomali SST di wilayah Nino 3.4 mencapai lebih dari +1 standar deviasi (penyimpangan positif yang signifikan dari rata-rata suhu normal). Sedangkan tahun *La Niña* ditandai ketika nilai anomali SST di wilayah Nino 3.4 turun di bawah -1 standar deviasi (penyimpangan negatif yang signifikan dari rata-rata suhu normal).

Anomali suhu permukaan laut (SST) dapat dihitung dengan mengurangi SST aktual dari nilai rata-rata klimatologis SST untuk periode referensi tertentu (Huang et al., 2017). Secara matematis dapat dituliskan sebagai :

$$SSTA_{5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N},170^{\circ}\text{W}-120^{\circ}\text{W}} = SST_{5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N},170^{\circ}\text{W}-120^{\circ}\text{W}} - \overline{SST}_{5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N},170^{\circ}\text{W}-120^{\circ}\text{W}} \quad (2)$$

dimana:

$SSTA$: anomali suhu permukaan laut

SST : suhu permukaan laut aktual

\overline{SST} : rata-rata klimatologis SST

Metode ini digunakan untuk memahami variasi suhu laut dari nilai normalnya, yang dapat membantu dalam analisis perubahan iklim, fenomena seperti *El Niño* dan *La Niña*, serta osilasi atmosfer lainnya.

2. *Southern Oscillation Index* (SOI)

Southern Oscillation Index (SOI) adalah index yang mengukur perbedaan tekanan udara antara Tahiti, Darwin, dan Australia. SOI digunakan sebagai indikator untuk memprediksi ENSO karena fluktuasi tekanan atmosfer ini mempengaruhi pola angin dan arus laut samudera pasifik, yang pada akhirnya mempengaruhi SST. Nilai SOI yang rendah atau negatif menunjukkan tekanan yang lebih rendah di Tahiti dibandingkan dengan Darwin hal tersebut sering dikaitkan dengan kondisi *El-Niño*. Sebaliknya nilai SOI yang tinggi atau positif menunjukkan tekanan yang lebih tinggi di Tahiti dibandingkan dengan Darwin, yang biasanya menunjukkan kondisi *La Niña*.

1.3.4 *Madden Julian Oscillation* (MJO)

Madden Julian Oscillation (MJO) adalah fenomena atmosfer yang ditandai dengan gangguan yang bergerak ke arah timur berupa awan, curah hujan, angin, dan tekanan yang mengelilingi bumi di daerah tropis dan mempengaruhi pola cuaca. MJO memainkan peran penting dalam memodulasi variabilitas cuaca dan iklim tropis serta ekstratropis (Cui & Li, 2022). MJO ditemukan oleh Roland Madden dan Paul Julian pada awal tahun 1970 melalui analisis spektrum dan pengamatan radiosonder selama 10 tahun yang diperoleh di pulau Kanton, pasifik tengah dekat equator. Mereka menemukan osilasi mencolok pada tekanan permukaan laut dan angin zonal dengan periode 40-50 hari. Dengan data observasi dari 20 stasiun tropis dalam studi lanjutan, sinyal ini ditemukan sebagai bagian dari gangguan skala planet yang bergerak lambat ke arah timur (sekitar 5 m/s) yang terkait dengan konveksi dan anomali sirkulasi vertikal (Lin, 2022).

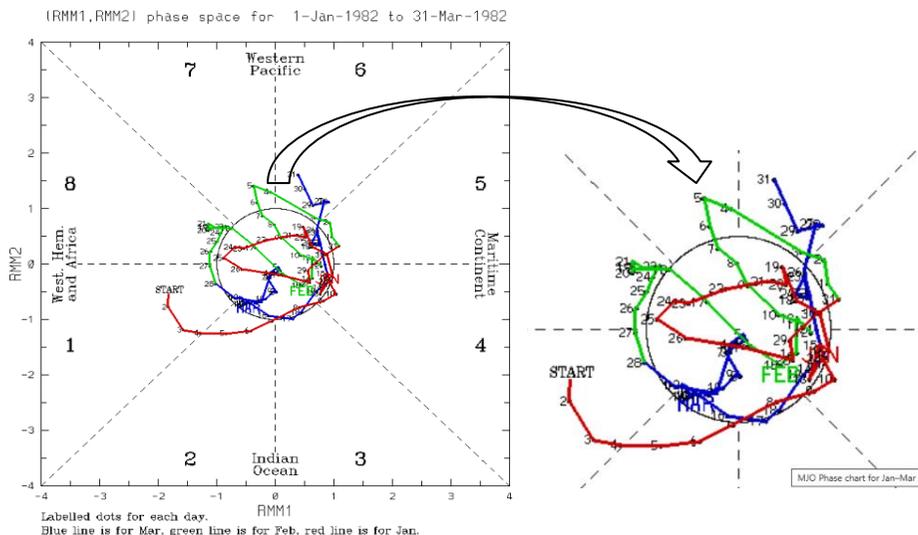
Dalam mendeteksi dan mengukur kekuatan *Madden-Julian Oscillation* (MJO) digunakan metode *Real-time Multivariate MJO Index* (RMM). Indeks ini dikembangkan

oleh Wheeler dan Hendon (2004) untuk memberikan representasi real-time terhadap fase dan intensitas MJO. Indeks ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu RMM1 dan RMM2, yang dapat dihitung berdasarkan analisis fungsi orthogonal empiris (EOF) dari kombinasi beberapa variabel atmosfer. Untuk menghitung kekuatan MJO, digunakan magnitude indeks RMM, yang dihitung sebagai:

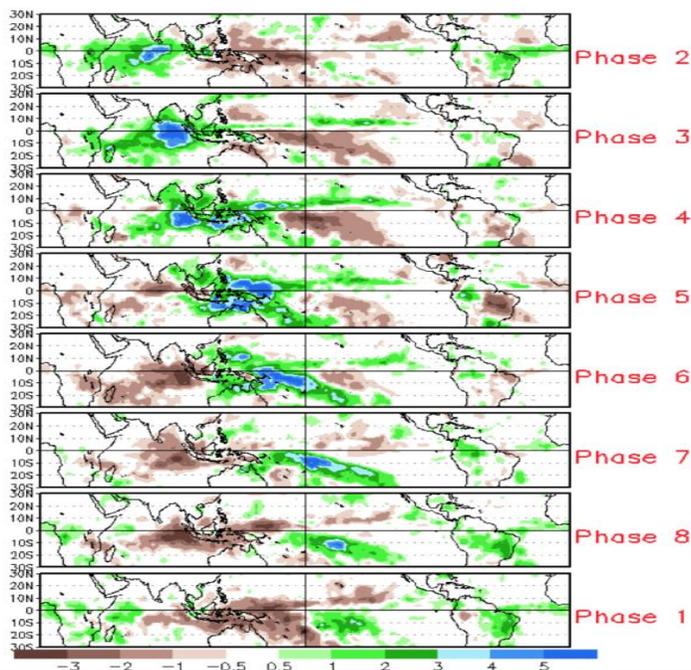
$$\text{Magnitude RMM} = \sqrt{\text{RMM1}^2 - \text{RMM2}^2} \quad (3)$$

Fenomena MJO biasanya muncul pertama kali di samudera Hindia bagian barat dan bergerak ke arah timur mengikuti siklus osilasi melintasi perairan hangat di Pasifik tropis bagian barat dan tengah. Pola curah hujan ini kemudian melemah saat bergerak melintasi perairan laut yang lebih dingin di Pasifik Timur. Terkadang, fenomena ini muncul kembali dengan amplitud rendah di atas Atlantik tropis dan amplitud yang lebih tinggi di atas samudera Hindia. MJO dapat dibagi menjadi dua fase, yaitu fase aktif dan fase tertekan. Fase aktif cenderung mengalami peningkatan konveksi, curah hujan, dan angin kencang, sedangkan fase tertekan ditandai dengan langit cerah, angin sepoi-sepoi, dan aktivitas curah hujan yang rendah. Fase aktif biasanya terbentuk di samudera Hindia khatulistiwa dan bergerak ke timur melewati Indonesia menuju Pasifik, sementara fase tertekan terjadi sebelum dan sesudah fase aktif berlangsung.

MJO sangat mempengaruhi cuaca dan iklim secara global. Menurut *World Meteorological Organization* (WMO), terdapat tiga kawasan penting sebagai tempat terjadinya perubahan iklim, yaitu Indonesia, Brasil di kawasan Amerika Selatan, dan Kongo di benua Afrika. Dari ketiga wilayah tersebut, Indonesia mendapat perhatian terbanyak karena memiliki perairan yang luas. MJO secara substansial dapat memodulasi intensitas muson di seluruh dunia, termasuk di Australia (musim dingin boreal; Oktober-Maret), Asia (musim panas boreal; Juni-September), Amerika Selatan (musim dingin boreal, Oktober-Maret), dan Amerika Utara (musim panas boreal; Mei-Oktober). Fase curah hujan yang disempurnakan oleh MJO dapat memengaruhi waktu muson dan intensitas musim hujan, serta fase awal dari MJO dapat mengakhiri musim (Maloney & Hartmann, 2000). Merujuk pada Lokasi geografis dan aktivitas konveksi yang bergerak dari barat ke timur di sekitar wilayah tropis, MJO di bagi ke dalam delapan fase. Delapan fase ini yang melintasi samudera Hindia hingga samudera Pasifik, serta mempengaruhi pola cuaca di wilayah tropis dan sekitarnya.



Gambar 3. Diagram Fase MJO (<http://www.bom.gov.au/climate/mjo>)



Gambar 4. Distribusi Spasial Aktivitas Konveksi MJO NOAA ([Climate Prediction Center - MJO Tropical Composites](#))

Pada **Gambar 3** menunjukkan diagram fase MJO yang menggambarkan lokasi dan intensitas aktivitas konveksi yang bergerak sepanjang wilayah tropis. Diagram ini menggunakan dua komponen utama, yaitu RMM1 dan RMM2, yang merepresentasikan anomali angin dan konveksi. Diagram terbagi menjadi delapan fase, yang masing-masing merepresentasikan posisi geografi aktivitas MJO, mulai dari Samudera Hindia

(fase 2-3), Benua Maritim (fase 4-5), hingga Pasifik Barat dan benua Afrika (fase 6-8). Lintasan garis pada diagram menunjukkan evolusi waktu MJO, dengan jarak dari pusat menggambarkan kekuatannya—semakin jauh dari pusat, semakin kuat MJO. Garis berwarna menandakan waktu, dengan merah untuk Januari, hijau untuk Februari, dan biru untuk Maret. Diagram ini membantu menunjukkan fase geografis dan kekuatan MJO pada periode waktu tertentu. Sedangkan pada **Gambar 4** menunjukkan distribusi spasial aktivitas konveksi yang terkait dengan fase-fase *Madden-Julian Oscillation* (MJO) di seluruh wilayah tropis. Setiap panel mewakili salah satu dari delapan fase MJO, dengan warna hijau dan biru menunjukkan anomali konveksi positif (curah hujan meningkat), sedangkan warna cokelat menunjukkan anomali konveksi negatif (curah hujan berkurang).

1.3.5 Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linear sederhana adalah sebuah metode pendekatan untuk memodelkan hubungan antara satu variabel terikat (*dependen*) dan satu variabel bebas (*independent*). Dalam regresi, variabel independen menerangkan variabel dependennya. Tujuan utama dari analisis regresi sederhana adalah untuk memprediksi nilai variabel terikat berdasarkan nilai variabel bebas serta untuk mengukur seberapa kuat hubungan antara kedua variabel tersebut. Dalam analisis regresi sederhana, hubungan antar variabel bersifat linear, dimana perubahan pada variabel X akan diikuti oleh perubahan Variabel Y secara tetap. Sementara pada hubungan nonlinear, perubahan variabel X tidak diikuti variabel Y secara proposional (Afifah Muhartini et al., 2021).

Koefisien regresi dalam analisis regresi sederhana terbagi menjadi dua komponen penting, yaitu intersep (*intercept*) dan slope (gradien kemiringan). Keduanya memainkan peran utama dalam menentukan hubungan antara variabel bebas (*independen*) dan variabel terikat (*dependen*).

1. Intersep (*Intercept*)

Intersep (a) adalah nilai garis regresi yang memotong sumbu Y . Ini menunjukkan nilai prediksi dari variabel terikat Y ketika variabel bebas X bernilai nol. Secara matematis, intersep menunjukkan titik awal atau nilai dasar yang digunakan untuk memulai prediksi. Dalam konteks regresi linier, intersep memberikan gambaran tentang variabel dependen saat tidak ada pengaruh dari variabel independen. Menurut Greene (2003), intersep sering kali tidak memiliki interpretasi praktis yang signifikan dalam beberapa aplikasi, terutama jika nilai 0 pada variabel independen tidak realistis dalam konteks tertentu (Greene, 2003).

2. Slope (Kemiringan Garis)

Slope (b) atau kemiringan garis adalah koefisien regresi yang menunjukkan tingkat perubahan dalam variabel dependen Y untuk setiap perubahan satu unit dalam variabel independent X . Koefisien ini menunjukkan arah dan kekuatan hubungan antara variabel. Jika (b) bernilai positif, ada hubungan positif antara X dan Y , artinya peningkatan X akan meningkatkan Y . sebaliknya, jika b negatif, hubungan tersebut berlawanan, yaitu meningkatkan X akan mengurangi Y . Menurut Kutner et al. (2004), slope sangat penting dalam analisis regresi karena merupakan parameter yang menggambarkan hubungan langsung antara dua variabel (Kutner et al., 2004).

Dalam proses identifikasi dalam penentuan nilai atribut dan label di jelaskan bagaimana menentukan nilai koefisien, nilai Variabel Terikat (Y), Variabel tidak terikat (X), Konstanta, Koefisien Regresi yang akan di jelaskan pada persamaan berikut ini

$$Y = a + bX \quad (4)$$

dimana:

- a : Konstanta (Intercept)
- b : Koefisien Regresi (Slope)
- Y : : Variabel Terikat
- X : Variabel Bebas

Persamaan di atas dapat ditulis ulang dalam notasi statistik yang lebih umum dan sering digunakan dalam regresi linier sebagai:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (5)$$

dimana:

- β_0 : Intercept (serupa dengan a)
- β_1 : Slope atau kemiringan (serupa dengan b)
- ε : Error atau residual

Pada persamaan 1, tidak secara eksplisit disebutkan error atau residual (ε), tetapi implisit dalam model regresi terdapat regresi antara nilai actual dan nilai yang diprediksi oleh garis regresi. Dalam persamaan 2 (ε) mewakili error atau residual, yaitu selisih antara nilai Y yang sebenarnya dan nilai yang diprediksi oleh model regresi. Ini adalah komponen tambahan dalam persamaan untuk mengakui bahwa model tidak sempurna dan ada deviasi atau kesalahan.

Untuk menentukan nilai a dan b dapat menggunakan metode kuadrat terkecil (*last square*) dengan meminimalkan jumlah kuadrat residual (RSS) sehingga menghasilkan persamaan:

$$a = \frac{(\sum X_i^2)(\sum Y_i) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (6)$$

$$b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (7)$$

dengan:

- n : Jumlah observasi
- $\sum X_i Y_i$: Jumlah perkalian antara X dan Y
- $\sum X_i$: : Jumlah nilai X
- $\sum Y_i$: : Jumlah nilai Y
- $\sum X_i^2$: : Jumlah kuadrat nilai

1.3.6 Regresi Polinomial

Regresi polinomial adalah metode statistik yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara variabel dependen dan independen dengan menggunakan fungsi polinomial. Regresi linear polinomial ini merupakan bentuk dari regresi linear yang diperluas, di mana model tidak hanya mempertimbangkan hubungan linear sederhana, tetapi juga hubungan yang kompleks (Malensang et al., 2012).

Model regresi polinomial memiliki struktur yang mirip dengan model regresi linear, tetapi dengan penambahan pada variabel independen. Misalnya, model polinomial derajat k dapat ditulis dengan:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_k X^k \quad (8)$$

di mana

Y : Variabel Dependen

X : Variabel Independen

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$: Koefisien yang ditentukan melalui proses fitting.

Regresi polinomial adalah alat yang kuat untuk analisis data yang menunjukkan pola non-linear. Dengan kemampuan untuk menangkap hubungan yang lebih kompleks, metode ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengembangan sistem inventory dan analisis data pemasaran. Model ini dapat memberikan hasil yang sangat akurat jika diterapkan dengan benar, seperti yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi yang tinggi dalam studi kasus pemasaran.

1.3.7 Ukuran Letak Data (Persentil/Tertile)

Ukuran nilai letak adalah beberapa nilai yang letaknya sedemikian rupa sehingga dalam suatu rangkaian data atau distribusi frekuensi nilai itu dapat membagi data atau distribusi frekuensi menjadi beberapa bagian yang sama. Ukuran letak data terbagi menjadi tiga, yakni kuartil, desil dan persentil (Jannah et al., 2023). Kuartil, desil dan persentil dalam statistik deskriptif sangat berfungsi untuk menciptakan suatu kategorisasi skor. Norma atau kategorisasi tersebut biasa digunakan untuk menentukan status variasi skor dalam suatu distribusi, skor mana yang statusnya "sangat istimewa", "sangat baik", "sedang", "kurang baik", dan seterusnya. Untuk menentukan nilai atau letak persentil dapat menggunakan persamaan berikut

$$P_{Si} = \frac{i(n+1)}{100} \quad (9)$$

di mana:

P_{Si} : persentil ke-

n : jumlah data

i : urutan persentil

Persentil adalah suatu nilai yang memisahkan tiap-tiap 1 persen frekuensi dalam suatu distribusi skor. Dengan demikian, persentil bisa digunakan untuk

mengkategorisasikan suatu distribusi skor ke dalam 100 kelompok dan juga ketiga kelompok (tertile).

Menurut Schär, 2016 indeks persentil digunakan untuk menangani kejadian curah hujan sedang hingga lebat. Indeks persentil populer karena menggabungkan kesederhanaan dengan fleksibilitas. Secara khusus, satu indeks persentil tunggal dapat menilai perubahan kejadian besar dalam kondisi iklim yang berbeda. Indeks persentil juga digunakan untuk menilai interpretasi berbasis proses terhadap curah hujan dengan menggunakan hubungan Clausius Claperon. Dalam studi Monsoon, persentil dapat digunakan untuk memahami tren perubahan curah hujan akibat variabilitas alami dan perubahan iklim antropogenik, terutama dalam kaitannya dengan peningkatan siklus hidrologi dan kejadian hujan lebat (Schär et al., 2016).

1.3.8 Korelasi Pearson

Korelasi Pearson adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan suatu besaran yang menyatakan bagaimana kuat hubungan suatu variabel dengan variabel lain dengan tidak mempersoalkan apakah suatu variabel tertentu tergantung kepada variabel lain. Korelasi Pearson menghasilkan koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linear antara dua variabel. Jika hubungan dua variabel tidak linear, maka koefisien korelasi Pearson tidak mencerminkan kekuatan hubungan dua variabel yang sedang diteliti, meski kedua variabel mempunyai hubungan kuat (Safitri, 2016).

Nilai koefisien korelasi berada di antara $-1 < r < 1$ yaitu apabila $r = -1$ korelasi negatif sempurna, artinya taraf signifikansi dari pengaruh variabel X terhadap variabel Y sangat lemah dan apabila $r = 1$ korelasi positif sempurna, artinya taraf signifikansi dari pengaruh variabel X terhadap variabel Y sangat kuat. Jika koefisien korelasi menunjukkan angka 0 maka tidak terdapat hubungan antara kedua variabel. Dalam statistika parametrik, koefisien korelasi yang dikenal luas dan paling sering digunakan adalah koefisien korelasi momen hasil kali Pearson yang dinotasikan dengan r , dimana rumus r adalah sebagai berikut (Nugroho et al., 2008):

$$r = \frac{(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\left[\left(\sum (X - \bar{X})^2 \right) \left(\sum (Y - \bar{Y})^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (10)$$

di mana:

- r : Korelasi Pearson
- X : Variabel Dependen
- Y : Variabel Independen
- \bar{X} : Rata-rata Variabel X
- \bar{Y} : Rata-rata Variabel Y

1.3.9 Percent Correct (PC)

Percent correct adalah metode verifikasi yang digunakan untuk mengukur sejauh mana hasil prediksi suatu model cocok dengan data observasi. *Percent correct* merupakan sebuah metrik yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi atau keberhasilan dalam berbagai konteks. Skill skor PC sering juga disebut sebagai skill skor *Accuracy (ACC)* yang digunakan dalam konteks model prediksi dan *machine learning*. PC dan ACC dapat digunakan secara bergantian karena keduanya pada dasarnya mengukur hal yang sama: tingkat akurasi atau keberhasilan. Rumus untuk menghitung *Percent Correct (PC)*:

$$PC = \left(\frac{C}{Q} \right) \times 100 \quad (11)$$

dengan:

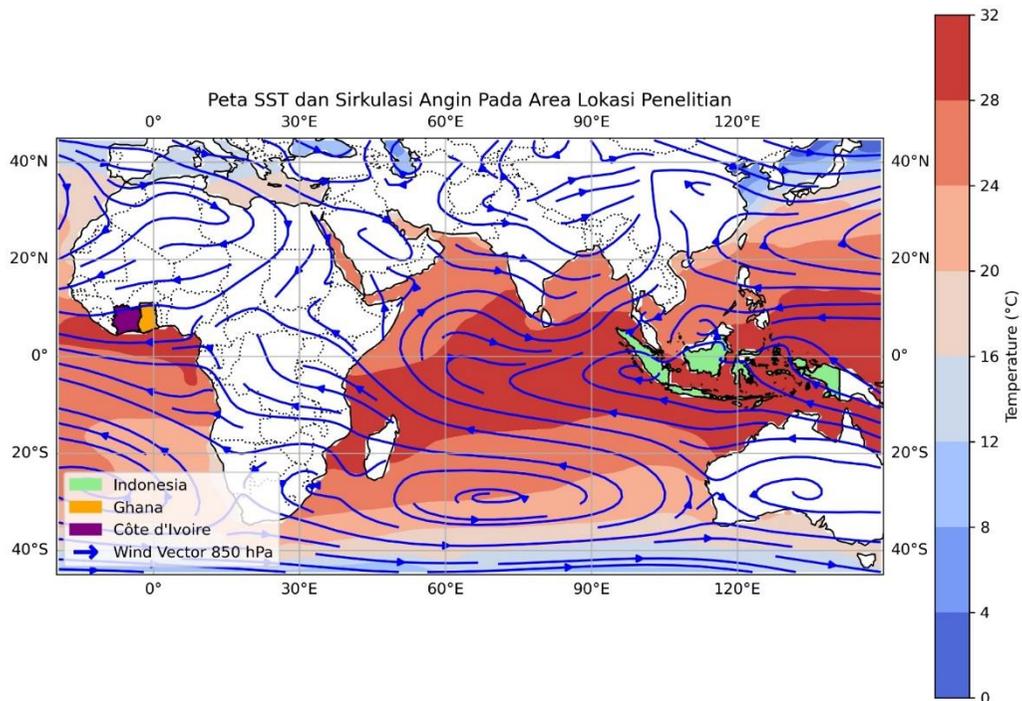
C : jumlah jawaban yang benar

Q : jumlah total upaya atau pertanyaan yang dihadapi.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 3 negara yakni *Côte d'Ivoire* (Pantai Gadang), Ghana, dan Indonesia yang merupakan penghasil kakao terbesar di dunia. Berikut adalah peta negara penelitian beserta variabel iklim yaitu suhu permukaan laut dan sirkulasi angin. Kedua parameter ini yang merupakan indikator yang efektif untuk mempelajari *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO), *Madden Julian Oscillation* (MJO), dan *Monsoon*.



Gambar 5. Peta Suhu Permukaan Laut (SST) dan Sirkulasi Angin pada Area Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Data

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Perangkat keras
 - a. Laptop
 - b. Printer

2. Perangkat lunak
 - a. *Software MATLAB R2017a*
 - b. *Software Microsoft Excel 2019*
 - c. *Software Microsoft Word*
 - d. *Software Notepad*
 - e. *Software Python*

2.2.2 Data

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Data Produksi Kakao
Data produksi kakao yang digunakan merupakan data produksi negara *Côte d'Ivoire* (Pantai Gadang), Ghana dan Indonesia pada rentang waktu 1982-2022 yang diambil dari situs web FAOSTAT.
Sumber: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
2. Data *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO)
Data ENSO yang digunakan merupakan data sekunder yang tersedia pada situs web NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) pada rentang waktu 1982–2022.
Sumber: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.91-20.ascii>
3. Data Indeks *Madden Julian Oscillation* (MJO)
Data indeks MJO yang digunakan merupakan data sekunder yang tersedia pada situs web *Bureau of Meteorology* (BoM) Australia pada rentang waktu 1982–2022.
Sumber: <http://www.bom.gov.au/climate/mjo/>
4. Data Indeks *Monsoon*
Data Data indeks *monsoon* yang digunakan merupakan data sekunder yang tersedia pada situs web *Tokyo Climate Centre* (*Japan Meteorological Agency*) dan *East Asian Climate* (EAC) pada rentang waktu 1982–2022.
Sumber: <https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/clisys/emi.html> dan [李建平教授](#)
[\[Welcome to Prof.Jianping Li's Homepage: WASMI \(lijianping.cn\)\]](#)

2.3 Pengolahan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini dikumpulkan dari data sekunder yang terdapat pada situs web tertentu sesuai dengan kebutuhan datanya. Data-data sekunder pada penelitian ini diunduh melalui situs web FAOSTAT, *Bureau of Meteorology* (BoM), *Tokyo Climate Centre*, dan situs NOAA. Keseluruhan data yang diperlukan masing-masing terdapat dalam kurun waktu 41 tahun, dari tahun 1982– 2022. Adapun tahap pengolahan data adalah sebagai berikut.

1. Mengunduh data-data produksi kakao, ENSO, MJO dan Monsoon dan merapkannya di dalam *Microsoft excel*. Menyamakan jumlah table antara variabel satu dengan yang lainnya. Mengubah data ENSO, MJO dan Monsoon kedalam triwulan musiman (misal, JFM, FMA, MAM, dan seterusnya). Data dibuat dalam 13 kolom; kolom 1 data produksi, kolom 2–13 data indeks MJO/*Monsoon*/ENSO. Data kemudian dikonversi ke format teks (.txt) melalui *software notepad* agar kompatibel dengan *script* MATLAB yang digunakan. Berikut adalah data-data yang digunakan dalam bentuk tabel.

Tabel 2. Data Produksi Kakao Negara Pantai Gading, Ghana dan Indonesia

Tahun	Data Produksi Kakao		
	Pantai Gading	Ghana	Indonesia
1982	360445.00	202500.00	17260.00
1983	411081.00	168100.00	19640.00
1984	565042.00	166700.00	26502.00
1985	555115.00	194400.00	33798.00
...
2021	2228459.00	1047385.00	688210.00
2022	2230000.00	1108662.93	667296.00

Sumber: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Data produksi kakao dapat dilihat pada **Lampiran 4**

Tabel 3. Data *Monsoon* Asia Selatan Musiman Triwulan

Tahun	Data <i>Monsoon</i> Asia Selatan						
	JFM	FMA	MAM	AMJ	...	NDJ	DJF
	0	0	-0.2	-0.1	...	0	0
1983	0	0	-0.6	-1.3	...	0	0
1984	0	0	0.07	0.97	...	0	0
1985	0	0	0	0.87	...	0	0
...
2021	0	0	-0.1	-0.3	...	0	0
2022	0	0	0.4	0.27	...	0	0

Sumber: <https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/clisys/emi.html>

Data *Monsoon* Asia Selatan dapat dilihat pada **Lampiran 5**

Tabel 4. Data *Monsoon* Afrika Barat Musiman Triwulan

Tahun	Data <i>Monsoon</i> Afrika Barat						
	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	...	DJF
	0	0	...	-0.1	-0.49	...	0
1983	0	0	...	-1.3	-0.66	...	0
1984	0	0	...	0.97	-0.42	...	0
1985	0	0	...	0.87	-0.33	...	0
...
2021	0	0	...	-0.49	-0.85	...	0
2022	0	0	...	-0.43	-0.85	...	0

Sumber : [李建平教授|Welcome to Prof.Jianping Li's Homepage: WASMI \(lijianping.cn\)](http://www.wasmi.org.cn/)

Data *Monsoon* Afrika Barat dapat dilihat pada **Lampiran 6**

Tabel 5. Data *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO) Musiman Triwulan

Tahun	Data ENSO						
	JFM	FMA	MAM	AMJ	...	NDJ	DJF
	0.03	0.06	0.26	0.40	...	2.16	2.16
1983	1.89	1.42	1.08	0.80	...	-1.00	-0.63
1984	-0.46	-0.46	-0.64	-0.77	...	-1.23	-1.07
1985	-0.89	-0.90	-1.00	-1.04	...	-0.48	-0.59
...
2021	-0.93	-0.84	-0.66	-0.49	...	-0.98	-0.96
2022	-0.93	-0.99	-1.06	-0.99	...	-0.90	-0.89

Sumber : <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.91-20.ascii>

Data *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO) dapat dilihat pada **Lampiran 7**

Tabel 6. Data *Madden-Julian Oscillation* (MJO) Musiman Triwulan

Tahun	Data MJO						
	JFM	FMA	MAM	AMJ	...	NDJ	DJF
1982	0.92	0.98	1.13	1.21	...	1.23	1.05
1983	0.94	0.92	0.90	0.99	...	1.19	1.09
1984	1.09	1.02	0.90	0.84	...	1.58	1.89
1985	2.01	1.91	1.23	1.20	...	1.59	1.34
...
2021	1.41	1.66	1.63	1.67	...	1.43	1.51
2022	1.17	1.02	1.00	1.22	...	1.21	1.33

Sumber : <http://www.bom.gov.au/climate/mjo/>

Data *Madden-Julian Oscillation* (MJO) dapat dilihat pada **Lampiran 8**

- Memodelkan data menggunakan regresi linear sederhana dan metode regresi polinomial. Proses ini melibatkan analisis hubungan antara data produksi kakao dan data ketiga prediktor menggunakan fitting polinomial. Fitting polinomial adalah proses menemukan polinomial yang sesuai untuk memodelkan hubungan antara produksi dan prediktor. Dalam proses ini digunakan polinomial orde 1, 2, dan 3 serta menggunakan fungsi “**polyfit**” pada matlab. Polinomial fitting dinyatakan dengan **persamaan 5**, di mana Y dapat dituliskan menjadi f_y .
- Menghitung anomali produksi untuk mengetahui penyimpangan dari keadaan normal dengan menggunakan hasil fitting polinomial sehingga dapat mengikuti pola naik-turun produksi tiap tahun.

$$dt_{prod} = \text{Produksi Aktual} - f_y \quad (12)$$

di mana

dt_{prod} : anomali produksi
 f_y : fitting polinomial

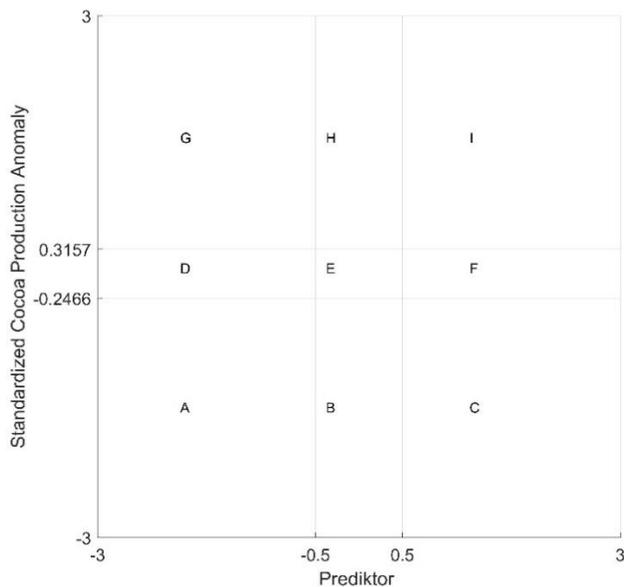
- Menormalisasi data untuk mempermudah analisis

$$a_{prod} = \frac{dt_{prod} - \mu}{\sigma} \quad (13)$$

Di mana

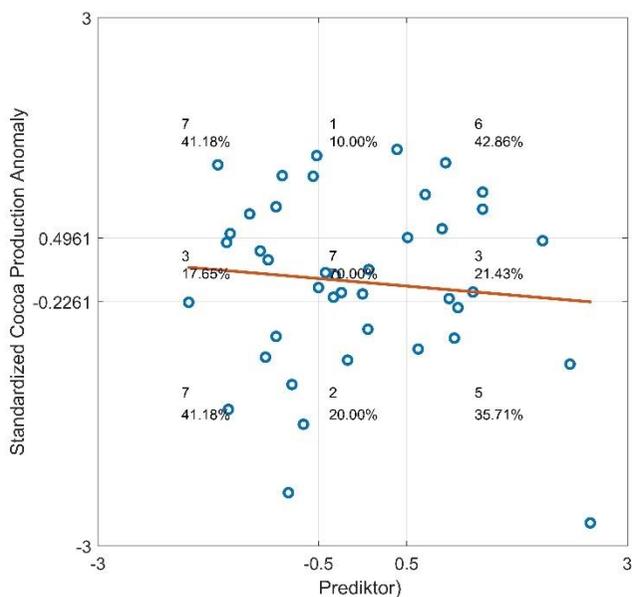
a_{prod} : normalisasi
 dt_{prod} : anomali produksi
 μ : rata-rata anomali produksi
 σ : standar deviasi

- Membagi data anomali produksi dan prediktor menjadi 3 bagian menggunakan fungsi "prctile". Pada anomali produksi, *Monsoon* dan MJO, persentil menggunakan persentil ke-33.33 dan ke-66.67 untuk membagi data menjadi tiga bagian yang relative sama besar. Sedangkan pada data ENSO dikategorikan berdasarkan fase *El-Niño*, *La-Niña*, dan Netral.
- Membuat diagram dari persentil dan fase sesuai dengan prediktor yang diinginkan serta membaginya dalam sembilan kategori seperti contoh gambar di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Prediktor ENSO

- Melakukan fitting polinomial antara anomali produksi yang telah di normalisasi dengan prediktor, dan memasukkan hasil plot ke dalam grafik seperti contoh gambar di bawah ini.



Gambar 7. Hasil Plot Anomali Produksi dan Prediktor

8. Mengukur keakuratan model prediksi dengan Skill *Percent Correct* (PC) menggunakan **Persamaan 6**, dimana nilai C diambil dari jumlah kejadian pada kategori/kuadran C, E dan G (**Gambar 6**). Kategori ini digunakan berdasarkan kategori yang dianggap signifikan atau mewakili fenomena utama. Kategori ini juga digunakan untuk menjelaskan/mencerminkan hubungan yang diharapkan sebagai kategori benar dalam persamaan. Menganalisis hasil nilai *Percent Correct* (PC) untuk menilai seberapa baik model memprediksi pengaruh prediktor terhadap produktivitas gandum.

2.4 Bagan Alir

