BAB II
KAJIAN LITERATUR

2.1 Tanaman Pangan

Pangan menurut undang-undang nomor 18 tahun 2012 pasal 1[18] tentang pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan atau minuman.

Tanaman pangan adalah tanaman yang dibudidayakan dan dipanen untuk konsumsi serta menyediakan nutrisi bagi manusia[19]. Tanaman pangan berperan dalam memastikan ketahanan pangan secara keseluruhan, ketersediaan, distribusi, akses ekonomi, stabilitas produksi, kualitas, dan nilai gizi. Permintaan pangan diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, yang juga akan berdampak pada peningkatan permintaan lahan non-pertanian, sehingga pemenuhan tantangan pangan semakin sulit. Tantangan penyelesaian permasalahan pangan berasal dari sisi permintaan dan sisi penawaran, dimana kedua belah pihak saling memperkuat tantangannya. Di sisi lain, produksi pangan tergantung pada banyak aspek, seperti peran manusia, teknologi, dan faktor-faktor alami yang mencakup tanah, air, serta iklim (seperti suhu, curah hujan, kelembaban relatif, dan faktor lainnya)[20]. Produksi pertanian bergantung langsung pada iklim dan kondisi cuaca, dan bahkan pada perubahan kecil suhu, curah hujan, dan konsentrasi karbon dioksida. Perubahan iklim menimbulkan ancaman khusus terhadap perekonomian dan ketahanan pangan, terutama di negara-negara berkembang yang sangat bergantung pada pertanian dan memiliki lahan subur yang terbatas[21].

2.2 Iklim

Iklim mengacu pada kondisi rata-rata dari berbagai elemen cuaca dalam jangka waktu yang panjang di suatu wilayah atau dalam skala global[22]. Iklim mencakup faktor-faktor seperti suhu, curah hujan, pola angin, dan kondisi atmosfer lainnya yang merupakan karakteristik daerah tertentu selama periode waktu yang lama. Iklim memainkan peran penting dalam membentuk ekosistem, mempengaruhi praktik pertanian, dan menentukan distribusi spesies tumbuhan dan hewan[22].

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pola iklim[22] meliputi:

1. Lintang dan radiasi matahari

   Jumlah radiasi matahari yang diterima di garis lintang yang berbeda mempengaruhi pola iklim. Daerah yang lebih dekat ke khatulistiwa menerima lebih banyak sinar matahari langsung dan cenderung memiliki iklim yang lebih hangat, sementara daerah yang lebih dekat ke kutub menerima lebih sedikit sinar matahari langsung dan memiliki iklim yang lebih dingin.

2. Topografi

   Bentuk dan ketinggian tanah dapat mempengaruhi pola iklim. Pegunungan dapat menghalangi aliran udara dan menyebabkan curah hujan di satu sisi, menciptakan efek bayangan hujan. Daerah pesisir dapat dipengaruhi oleh arus laut dan mengalami iklim yang lebih ringan.

3. Arus laut

   Arus laut memainkan peran penting dalam mengatur iklim. Mereka dapat mengangkut air hangat atau dingin melintasi wilayah, mempengaruhi suhu dan pola curah hujan. Misalnya, arus teluk membawa air hangat ke Atlantik Utara, mempengaruhi iklim daerah terdekat.

4. Massa udara dan sistem tekanan

   Pergerakan massa udara dan sistem tekanan dapat mempengaruhi pola iklim. Sistem tekanan tinggi umumnya membawa cuaca cerah dan kering, sementara sistem tekanan rendah dapat membawa awan dan curah hujan. Interaksi massa udara yang berbeda dapat menyebabkan pembentukan *front* cuaca dan badai.

5. Gas rumah kaca

   Konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, seperti karbon dioksida dan metana, dapat mempengaruhi pola iklim. Gas-gas ini memerangkap panas dan berkontribusi pada efek rumah kaca, yang menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim.

6. Variabilitas iklim alami

   Fenomena iklim alam, seperti *el nino* dan *la nina*, dapat menyebabkan perubahan sementara dalam pola iklim. Peristiwa ini terjadi di Samudra Pasifik tropis dan dapat mempengaruhi kondisi cuaca secara global.

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

2.3 Analisis Prediktif

Analisis prediktif adalah cabang analitik bisnis yang melibatkan penggunaan data input, kombinasi statistik, dan teknik pembelajaran mesin untuk meramalkan tren atau hasil masa depan berdasarkan data yang ada[23]. Analisis prediktif membantu dalam mengidentifikasi pola dan korelasi dalam data, memungkinkan untuk mendapatkan wawasan dan membuat keputusan berbasis data, serta mengurangi risiko dengan memprediksi potensi masalah atau anomali. Tujuannya adalah untuk meningkatkan pengambilan keputusan dengan memberikan prediksi yang akurat dan tepat waktu, memungkinkan organisasi untuk membuat pilihan berdasarkan informasi dan tetap berada di depan persaingan. Ada beberapa alasan mengapa analisis prediktif menjadi semakin penting[24]:

1. Pertumbuhan yang signifikan dalam volume dan beragam jenis data telah mendorong penggunaan analisis prediktif untuk menggali wawasan dari data berukuran besar.
2. Ketersediaan komputer yang lebih cepat, lebih ekonomis, dan lebih mudah digunakan telah memungkinkan pengolahan data yang lebih efisien.
3. Berbagai perangkat lunak analisis prediktif telah tersedia, dan terus terjadi perkembangan untuk membuatnya lebih mudah digunakan oleh berbagai pengguna.
4. Tekanan dari lingkungan bisnis yang kompetitif, bersama dengan kondisi ekonomi, mendorong organisasi untuk memanfaatkan analisis prediktif untuk mengembangkan bisnis dan meningkatkan profitabilitasnya.

Analisis prediktif dalam bidang pertanian semakin penting dengan adanya data besar dan kemajuan teknologi modern dalam menangani berbagai tantangan pertanian. Dengan pendekatan analisis deret waktu dan metode statistik, seperti model VAR dan GLM, analisis prediktif dapat mengolah data yang berkaitan dengan hasil pertanian, lokasi, nutrisi tanah, dan curah hujan untuk membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih baik. Kemajuan teknologi komputer dan perangkat lunak analisis, seperti R, *Python*, dan SAS, telah membuat analisis prediktif lebih mudah diakses dan digunakan oleh berbagai kalangan, memungkinkan peneliti menjalankan model prediktif dengan lebih efisien. Meski begitu, analisis prediktif memiliki tantangan tersendiri. Kualitas dan kelengkapan data seringkali menjadi masalah, dengan data yang tidak konsisten atau tidak lengkap dapat mengurangi akurasi prediksi[25]. Dalam konteks penelitian ini, analisis prediktif dengan model VAR dan GLM akan digunakan untuk mengeksplorasi dampak variabel iklim pada tanaman pangan di pulau Sumatera. Prediksi

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

yang dihasilkan dari model-model ini akan dievaluasi menggunakan matrik MAPE, MAE, MSE, dan RMSE untuk menilai kinerja model dan mendapatkan wawasan tentang bagaimana variabel iklim mempengaruhi tanaman pangan. Hasil analisis ini, diharapkan dapat membantu pemangku kepentingan membuat keputusan yang lebih baik dan menyusun strategi pertanian yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim.

2.4 Model VAR

Variabel endogen adalah variabel yang digunakan dalam model statistik dan dipengaruhi oleh hubungan dalam model. Jika perubahan dalam satu variabel dapat diharapkan menghasilkan hasil tertentu dan variabel lain, meskipun tidak selalu dalam arah yang sama, selama perubahan tersebut berkorelasi, maka variabel tersebut dianggap endogen. Di sisi lain, variabel eksogen dianggap independen, yang berarti bahwa perubahan dalam variabel ini tidak berkorelasi langsung dengan perubahan variabel lainnya[26]. Dalam analisis ekonomi, model kausal digunakan untuk menjelaskan hasil atau variabel yang bergantung, dan untuk menentukan sejauh mana hasil tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor endogen atau eksogen. Hal ini penting dalam ekonometri dan pemodelan ekonomi karena membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan efek tertentu. Dalam model persamaan simultan klasik, terdapat beberapa variabel endogen yang memiliki persamaan masing-masing. Sebelum dapat mengestimasi persamaan tersebut, masalah identifikasi perlu diatasi dengan memasukkan pembatasan-pembatasan tertentu.

Model *autoregresi vektor* memperlakukan semua variabel sebagai variabel endogen. Analisis respons impuls dan uji kausalitas *granger* adalah alat yang telah diusulkan untuk membantu memahami hubungan antara variabel dalam model *autoregresi vektor*[27]. Model VAR adalah algoritma peramalan multivariat yang digunakan untuk menganalisis hubungan dengan memperkirakan hubungan antara beberapa variabel yang saling mempengaruhi satu sama lain secara bersamaan[28][29]. Tujuan dari pemodelan adalah untuk menganalisis mekanisme pengaruh antar variabel, mengukur tingkat pengaruh, dan memprediksi[30]. Setiap variabel dimodelkan berdasarkan fungsi dari nilai masa lalu, atau nilai deret waktu yang mengalami *lag*, yang dipertimbangkan oleh model autoregresi. Dengan demikian model VAR dirumuskan sebagai persamaan perbedaan stokastik, yang merupakan suatu bentuk persamaan deret waktu *linier* yang melibatkan sejumlah nilai *lag* yang diintegrasikan. Sekumpulan nilai

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

lag dimanfaatkan untuk meramalkan nilai variabel pada waktu sekarang dan masa mendatang[29]. Model VAR memiliki struktur stokastik yang lebih kompleks yang terdiri dari persamaan dua atau lebih persamaan yang saling mengunci dari perbedaan stokastik, VAR membutuhkan serangkaian observasi untuk melatih model sebelum menggunakan model untuk peramalan sehingga VAR cocok untuk data multivarian yang bersifat dua arah serta variabel-variabelnya saling mempengaruhi satu sama lain[29]. Persamaan umum model VAR merujuk pada persamaan (1).

$$Yt = \alpha + \beta 1Yt - 1 + \beta 2Yt - 2 + \ldots + \beta pYt - p + \epsilon t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

Dimana:

Yt= nilai variabel pada waktu t

α = intersep atau konstanta

β = koefisien *lag* dari t-1 hingga p atau koefisien yang mengukur dampak variabel masa lalu pada variabel saat ini

p = nilai p-*lag* dari Y dan merupakan prediktor dalam persamaan dan

ϵt = *Error* term.

2.5 Model GLM

Model GLM adalah kerangka kerja statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara satu atau lebih variabel independen dengan variabel dependen[14]. GLM merupakan pendekatan statistik yang efektif untuk mengatasi hubungan *non-linear* antara variabel respons dan variabel prediktor dalam konteks analisis data ekologi. Model GLM digunakan ketika variabel hasil tidak berdistribusi normal dan dapat dipilih dari berbagai distribusi statistik serta berguna ketika variabel hasil adalah hitungan atau proporsi[31]. Dalam GLM, distribusi variabel dependen bisa berbeda-beda, tidak harus selalu normal. Model GLM dirancang untuk menangani berbagai jenis distribusi, seperti *binomial, Poisson*, atau *gamma*, tergantung pada jenis variabel dependen dan hubungan antara variabel independen dan dependen. GLM juga dapat mendiagnosa dan menangani dispersi berlebih dan inflasi nol dalam data. Selain itu, *offset* dapat digunakan dalam GLM untuk menganalisis laju atau kepadatan. GLM dapat dipasang menggunakan metode kuadrat terkecil yang ditimbang ulang secara berulang dan distribusi kesalahan dan fungsi tautan dapat ditentukan menggunakan

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

argumen famili. Fungsi tautan default untuk model binomial adalah fungsi *logit*, tetapi dapat diubah ke fungsi tautan lainnya. Berikut merupakan persamaan umum model GLM.

$$E(y) = \beta 0 = \sum_{j-1}^{P} Xj \,.\, \beta j \quad (2)$$

Dimana :

E(y) = nilai rata-rata dari variabel dependen y

$\beta 0$ = Intersep atau konstanta dalam persamaan linear

βj = Koefisien regresi untuk variabel independen ke-j.

Xj = Variabel independen ke-j

∑ = Simbol sigma yang digunakan untuk menunjukkan penjumlahan.

p = Jumlah total variabel independen dalam model.

2.6 Evaluasi Kinerja Model

1. *Root mean square Error*

   Root mean square Error (RMSE) merupakan matrik yang umum digunakan untuk mengevaluasi kinerja model. RMSE mengukur besarnya rata-rata kesalahan antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual kemudian memberikan ukuran seberapa baik model sesuai dengan data yang diamati. RMSE optimal untuk kesalahan normal (*gaussian*), tetapi ketika kesalahan menyimpang dari distribusi ini, matrik lain mungkin lebih cocok[32]. Rumus RMSE dihitung dengan mengambil akar kuadrat dari rata-rata perbedaan kuadrat antara nilai prediksi dan nilai aktual. Rumus untuk RMSE adalah:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(yi - \hat{y}i)^2} \quad (3)$$

   Dimana:

   n = Jumlah sampel

   yi = Nilai sebenarnya dari variabel dependen pada titik data ke-i.

   ŷi = Nilai yang diprediksi oleh model pada titik data ke-i.

2. *Mean absolute Error*

   Mean absolute Error (MAE) merupakan matrik yang umum digunakan untuk mengevaluasi model[33]. MAE mengukur perbedaan absolut rata-rata antara nilai prediksi dan nilai aktual. Ini memberikan ukuran seberapa baik model sesuai dengan data yang diamati, tanpa

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

mempertimbangkan arah kesalahan. Rumus MAE dihitung dengan mengambil rata-rata perbedaan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual. Rumus untuk MAE adalah:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |yi - \hat{y}i| \quad (4)$$

Dimana:

n = Jumlah sampel

yi = Nilai sebenarnya dari variabel dependen pada titik data ke-i.

ŷi = Nilai yang diprediksi oleh model pada titik data ke-i.

$|yi$ - ŷi| = Nilai absolut dari kesalahan

3. *Mean absolute percentage Error*

Mean absolute percentage Error adalah matrik yang digunakan untuk mengevaluasi keakuratan pemodelan propagasi dalam penelitian ini[33]. Ini mengukur perbedaan persentase rata-rata antara nilai yang diprediksi dan aktual. MAPE dihitung dengan mengambil perbedaan absolut antara nilai prediksi dan aktual, membaginya dengan nilai aktual, dan kemudian rata-ratanya. MAPE didefinisikan sebagai rata-rata perbedaan persentase absolut antara nilai yang diprediksi dan aktual serta memberikan ukuran kesalahan relatif dalam persentase, memungkinkan perbandingan di seluruh kumpulan data yang berbeda. Rumus untuk menghitung MAPE[34] adalah:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{|yi - \hat{y}i|}{yi} X\ 100 \quad (5)$$

Dimana:

n = Jumlah sampel

yi = Nilai sebenarnya dari variabel dependen pada titik data ke-i.

ŷi = Nilai yang diprediksi oleh model pada titik data ke-i.

$|yi$ - ŷi| / yi X 100 = Nilai absolut dari kesalahan

4. *Mean squared Error*

Mean squared Error (MSE) adalah ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi keakuratan estimator dengan menghitung rata-rata perbedaan kuadrat antara nilai estimasi dan nilai sebenarnya[35]. MSE memberikan ukuran deviasi kuadrat rata-rata antara nilai estimasi dan nilai sebenarnya. Hal ini umumnya digunakan di berbagai bidang, termasuk statistik,

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

pembelajaran mesin, dan ekonometrik, untuk menilai kinerja model prediksi atau estimator. MSE yang lebih rendah menunjukkan kecocokan atau akurasi estimasi yang lebih baik. Berikut merupakan persamaan rumus untuk MSE adalah:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(yi - \hat{y}i)^2 \quad (6)$$

Dimana:

n = Jumlah sampel

yi = Nilai sebenarnya dari variabel dependen pada titik data ke-i.

ŷi = Nilai yang diprediksi oleh model pada titik data ke-i.

2.7 Literature Review

Dalam penyusunan skripsi ini, terdapat beberapa penelitian terkait yang sebelumnya telah dilakukan oleh pihak lain. Adapun model dan data yang digunakan serta hasil-hasil dari penelitian akan dijadikan sebagai referensi dalam penyusunan skripsi ini. Deskripsi singkat dari penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Referensi	Model	Kontribusi	Area Aplikasi	Hasil
1.	[11]	VAR	Peramalan produksi perikanan tangkap laut dan Suhu di NTT periode Januari-Juni 2018	Perikanan dan klimatologi	Nilai MAPE model VAR dalam peramalan produksi perikanan tangkap laut, suhu permukaan laut dan curah hujan di NTT masing-masing sebesar 16,17%, 3,08%, dan 4.505,4%. Dengan demikian, peramalan produksi perikanan tangkap laut tergolong akurat, peramalan

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

					suhu permukaan laut cukup baik, sedangkan curah hujan peramalan tidak akurat.
2.	[10]	VAR	Peramalan produksi padi di Provinsi Bali	Pertanian	Nilai MAPE model VAR dalam peramalan produksi padi di Kabupaten Badung, Gianyar, dan Tabanan, Provinsi Bali, berturut-turut adalah 31,73%, 30,38%, dan 14,58%. Dengan demikian, peramalan produksi padi di Kabupaten Badung dan Gianyar dianggap wajar, sedangkan peramalan di Kabupaten Tabanan memiliki tingkat akurasi yang lebih baik.
3.	[29]	VAR	Meramalkan *evapotranspirasi* referensi menggunakan model VAR serta hubungan sebab akibat	*Evapotranspiration*	Model VAR menunjukkan bahwa dataset 20 tahun memiliki kinerja yang lebih baik dan hasil yang konsisten dalam memperkirakan

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

			variabel meteorologi dengan *evapotranspirasi* referensi menggunakan pendekatan statistik		*evapotranspirasi* referensi umum, dengan nilai RMSE 1,1663 dan *correlation coefficient* (CORR) -0,0048, dibandingkan dengan dataset 1 tahun yang memiliki nilai RMSE 1,571 dan COOR -0,3932.
4.	[13]	GLM	Memodelkan dan memprediksi *distribusi spasial leptospirosis* di Provinsi Gilan, Iran.	*Epidemiologi* dan kesehatan masyarakat	Tingkat akurasi model GLM dalam memodelkan dan memprediksi *distribusi spasial leptospirosis* di Provinsi Gilan, Iran, memiliki nilai MSE = 0.118, MAE = 0.052, MRE = 0.017 dan *R-squared* R2= 0.72.
5.	[36]	GLM	Berkontribusi pada analisis dampak polusi udara pada pasar penjualan *real estate*.	Ekonomi dan bisnis	Tingkat signifikansi GLM dalam analisis data menunjukkan bahwa polusi udara berdampak pada jumlah apartemen yang dijual. Menunjukkan bahwa faktor yang signifikan

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.

					secara statistik ($p \leq 0,05$) yang mempengaruhi jumlah penjualan properti di atas 80 m^2 di pasar sekunder adalah kadar partikel PM2.5.
6.	[16]	GLM	Mengidentifikasi *kluster* ruang-waktu COVID-19 di Brasil dan menunjukkan bagaimana faktor-faktor seperti tingkat kematian, ketidaksetaraan, dan kerentanan sosial ekonomi mempengaruhi risiko relatif penyakit	Kesehatan	GLM berhasil menunjukkan bahwa indeks GINI, SVI, dan tingkat kematian memiliki dampak signifikan pada risiko relatif (RR). Untuk setiap peningkatan satu unit dalam indeks GINI, risiko relatif meningkat sebesar 2.02, sementara dampak SVI adalah 0.82, dan tingkat kematian adalah 0.021.

UNIVERSITAS MIKROSKIL

© Karya Dilindungi UU Hak Cipta
1. Dilarang menyebarluaskan dokumen tanpa izin.
2. Dilarang melakukan plagiasi.
3. Pelanggaran diberlakukan sanksi sesuai peraturan UU Hak Cipta.