

**IMPLEMENTASI *MULTIPLE LINEAR REGRESSION (MLR)* DAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)* UNTUK MEMPREDIKSI PERILAKU PELANGGAN PADA GENERASI Z
(Studi Kasus: PT Yotta Berkah Mulia)**



**ASTRINA
D071201021**



**DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**IMPLEMENTASI *MULTIPLE LINEAR REGRESSION* (MLR) DAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) UNTUK MEMPREDIKSI PERILAKU PELANGGAN PADA GENERASI Z
(Studi Kasus: PT Yotta Berkah Mulia)**

**ASTRINA
D071201021**



**DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**IMPLEMENTASI *MULTIPLE LINEAR REGRESSION* (MLR) DAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) UNTUK MEMPREDIKSI PERILAKU PELANGGAN PADA GENERASI Z
(Studi Kasus: PT Yotta Berkah Mulia)**

LEMBAR PENGAJUAN

ASTRINA
D071201021

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Departemen Teknik Industri

pada

**DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI MULTIPLE LINEAR REGRESSION (MLR) DAN ADAPTIVE
NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) UNTUK MEMPREDIKSI
PERILAKU PELANGGAN PADA GENERASI Z
(Studi Kasus: PT Yotta Berkah Mulia)**

LEMBAR PENGESAHAN

yang disusun dan diajukan oleh

ASTRINA
D071201021

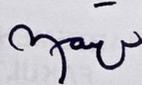
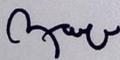
Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana xxx pada tanggal bulan tahun
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Gowa

Mengesahkan:
Pembimbing Tugas Akhir,

Mengetahui:
Ketua Departemen,



Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU
NIP. 19740621 200604 2 001

Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU
NIP. 19740621 200604 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN KELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi yang berjudul "Implementasi *Multiple Linear Regression* (MLR) dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk Memprediksi Perilaku Pelanggan pada Generasi Z (Studi Kasus: PT Yotta Berkah Mulia)" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. 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.

Gowa, 24 Oktober 2024

Materai dan tandatangan



NAMA: ASTRINA
NIM: D071201021

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah *subhanahu wa ta'ala*, karena atas karunia, pertolongan, dan keridaan-Nya, peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Peneliti menyadari bahwa tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa doa, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Adapun dalam kesempatan ini, peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M. Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU, selaku Kepala Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, sekaligus Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, saran, masukan demi mendapatkan hasil terbaik dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, S.T., M.T., selaku Sekretaris Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh dosen dan *staff* Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang senantiasa mengajarkan begitu banyak ilmu pengetahuan dan pemahaman selama menjadi seorang mahasiswa.
6. Bapak Adryan Yudhistira, selaku *owner* sekaligus CEO dari PT Yotta Berkah Mulia yang telah mengizinkan untuk melaksanakan penelitian di perusahaan Yotta.
7. Bapak Jumardi selaku *Supervisor Human Capital* dan Ibu Nurhikmah sebagai Manajer *Human Capital* yang telah banyak membantu serta memberikan saran atau masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
8. Seluruh karyawan dan pihak perusahaan PT Yotta Berkah Mulia yang telah membantu serta memberikan kesempatan untuk menggunakan fasilitas dan peralatan dari perusahaan.
9. Bapak Dedi Dzulkarnain, yang telah banyak memberikan peluang sekaligus bimbingan untuk belajar praktik-praktik keilmuan teknik industri secara langsung di dunia kerja.
10. Kedua orang tua tercinta, ayah dan ibu, dua sosok paling hebat yang mengajarkan banyak arti perjuangan dan kesabaran, yang tidak pernah lupa memberikan doa, dukungan, kasih sayang, dan pengorbanan pada setiap langkah perjalanan peneliti dalam menuntut ilmu. Serta kepada adik tercinta, sosok pengertian yang selalu mampu menjadi tempat berkeluh kesah, dan menjadi sosok saudara yang luar biasa.
11. Para sahabat (akhwat) seperjuangan dalam dakwah yang senantiasa mengingatkan dan memberikan motivasi serta dukungan setiap menghadapi berbagai permasalahan.
12. Sahabat alumni SMANEL yang selalu hadir dan siap membantu serta memberikan dukungan dan motivasi hingga saat ini.
13. Teman seperjuangan di Teknik Industri angkatan 2020 yang sejak awal selalu bersama-sama berjuang dan saling memberikan bantuan, semangat, motivasi, serta dukungan hingga penyelesaian tugas akhir ini.

14. Pihak responden (pelanggan Yotta) yang telah bersedia meluangkan waktu selama proses pengambilan data penelitian.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segalanya.

Penulis,

Astrina

ABSTRAK

ASTRINA. Implementasi *Multiple Linear Regression (MLR)* dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* untuk Memprediksi Perilaku Pelanggan pada Generasi Z (Studi Kasus: PT Yotta Berkah Mulia) (dibimbing oleh Kifayah Amar).

Latar Belakang. PT Yotta Berkah Mulia merupakan salah satu UMKM sektor makanan dan minuman yang senantiasa melakukan ekspansi hingga kini mencapai 53 cabang gerai. Akan tetapi, karena kurangnya pemahaman terhadap pola permintaan dan kebutuhan pelanggan, akibatnya beberapa gerai mengalami penurunan tingkat penjualan dan hampir 50% pelanggan masih belum menunjukkan loyalitas. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk memahami sekaligus memprediksi perilaku pelanggan khususnya pada generasi Z yang menjadi konsumen utama dari perusahaan Yotta. **Metode.** Melalui penerapan metode MLR (*Multiple Linear Regression*) dan ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*), penelitian ini mempertimbangkan konsep TPB (*Theory of Planned Behavior*) disertai dengan variabel *Lifestyle*, *Product Value*, dan *Brand Love*. **Hasil.** Berdasarkan 3 skenario pemodelan yang ditetapkan yakni model MLR, model ANFIS, dan model kombinasi, diperoleh hasil evaluasi metode yang paling optimal yaitu model prediksi MLR dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.8 dan koefisien determinasi sebesar 0.7, serta nilai *error* MSE sebesar 1.7, RMSE sebesar 1.3, dan MAPE sebesar 9.5. **Kesimpulan.** Hasil ini menunjukkan bahwa metode MLR memiliki tingkat akurasi yang lebih baik pada studi kasus yang melibatkan banyak variabel dan jumlah fungsi keanggotaan dibandingkan dengan metode ANFIS.

Kata kunci: ANFIS; generasi z; regresi linier berganda; perilaku pelanggan

ABSTRACT

ASTRINA. **Implementation of *Multiple Linear Regression (MLR)* and *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* to Predict Customer Behavior in Generation Z (Case Study: PT Yotta Berkah Mulia)** (supervised by Kifayah Amar).

Background. PT Yotta Berkah Mulia is one of the MSMEs in the food and beverage sector that is constantly expanding until now it has 53 outlets. However, due to a lack of understanding of customer demand and need patterns, some outlets have decreased sales levels and almost 50% of customers still do not show loyalty. **Objective.** This study aims to understand and predict customer behavior, especially in generation Z who are the main consumer of Yotta company. **Methods.** Through the implementation of MLR (Multiple Linear Regression) and ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) methods, this research consider the TPB (Theory of Planned Behavior) concept along with Lifestyle, Product Value, and Brand love variables. **Result.** Based on the 3 modelling scenarios set, which are the MLR model, the ANFIS model, and the combination model, the most optimal method evaluation results are obtained, it was the MLR prediction model with the value of the correlation coefficient is 0.8 and the coefficient of determination is 0.7, while the error value MSE is 1.7, RMSE is 1.3, and MAPE is 9.5. **Conclusion.** These results show that the MLR method has a better accuracy value in case studies involving many variables and the number of membership functions than the ANFIS method.

Keywords: ANFIS; generation z; multiple linear regression; customer behavior

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGAJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN KELIMPAHAN HAK CIPTA	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	7
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Penelitian Terdahulu	8
BAB II METODE	14
2.1 Kerangka Penelitian	14
2.2 Waktu dan Tempat Penelitian	14
2.3 Metode dan Alur Penelitian	15
2.4 Pengumpulan Data	16
2.5 Variabel Penelitian	17
2.6 Pengolahan Data	19
2.7 <i>Model Evaluation</i>	23
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	25
3.1 Gambaran Umum Perusahaan	25
3.2 Karakteristik Pelanggan	27
3.3 <i>Multiple Linear Regression</i>	30
3.4 <i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System</i>	33
3.5 Kombinasi MLR dan ANFIS	37
3.6 Perbandingan Model MLR dan ANFIS	40
BAB IV PENUTUP	43
4.1 Kesimpulan	43
4.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	49

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
Tabel 1. Daftar penelitian terdahulu	8
Tabel 2. Karakteristik demografi pelanggan Yotta (n = 378)	28
Tabel 3. Karakteristik umum pelanggan Yotta (n = 378)	29
Tabel 4. Statistik deskriptif	30
Tabel 5. Korelasi Parsial	31
Tabel 6. Ringkasan model	31
Tabel 7. Analisis variansi	31
Tabel 8. Hasil analisis MLR	32
Tabel 9. Hasil pengujian model sampel ANFIS	34
Tabel 10. Nilai korelasi setiap variabel independen terhadap variabel dependen	37
Tabel 11. Hasil pengujian model sampel kombinasi	38
Tabel 12. Perbandingan performansi model MLR dan ANFIS	41

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Proporsi pelanggan PT Yotta Berkah Mulia	6
2. Kerangka berpikir penelitian	15
3. Alur Penelitian	16
4. Struktur ANFIS dengan model Takagi-Sugeno 2-input	21
5. Struktur organisasi di kantor utama PT Yotta Berkah Mulia	26
6. Struktur organisasi di gerai PT Yotta Berkah Mulia	27
7. Grafik normalitas tingkat <i>error</i>	33
8. Model struktur estimasi ANFIS	34
9. Detail info hasil komputasi model ANFIS	35
10. Aturan ANFIS	35
11. Model ANFIS	36
12. Bagan model permukaan	36
13. Hasil nilai <i>error</i> untuk data latih	37
14. Hasil nilai <i>error</i> untuk data uji	37
15. Detail info hasil komputasi model kombinasi	38
16. Aturan model kombinasi	39
17. Struktur model kombinasi	39
18. Hasil nilai <i>error</i> untuk data latih model kombinasi	40
19. Hasil nilai <i>error</i> untuk data uji model kombinasi	40
20. Performansi prediksi berdasarkan model MLR, ANFIS, dan kombinasi	41

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Daftar karakteristik responden	49
2. Daftar pertanyaan variabel penelitian.	51
3. Penentuan populasi dan sampel penelitian	54
4. Hasil uji validitas setiap instrumen penelitian (<i>construct validity</i>)	55
5. Hasil uji reliabilitas setiap instrumen penelitian (<i>Cronbach Alpha</i>)	58
6. Data hasil kuesioner	60
7. Tabel F	68
8. Model pemrograman komputer	69
9. Dokumentasi pengambilan data	74
10. Surat permohonan izin penelitian	75
11. Surat izin penelitian dari perusahaan	76
12. <i>Curriculum Vitae</i>	77

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan bisnis di Indonesia terus mengalami peningkatan, dimana proporsi UMK (Usaha Menengah Kecil) jauh lebih besar yaitu 83,61% jika dibandingkan dengan UMB (Usaha Menengah Besar) yang hanya sebesar 16,39%. Industri Pengolahan menjadi salah satu kegiatan usaha yang mendominasi perkembangan tersebut dengan persentase sebesar 11,95%, berada pada urutan kedua setelah kegiatan Perdagangan Besar dan Eceran, Reparasi dan Perawatan Mobil dan Sepeda Motor (Badan Pusat Statistik, 2023). Adapun di Provinsi Sulawesi Selatan, industri pengolahan menjadi sektor penggerak ekonomi ketiga setelah pertanian, perdagangan, dan konstruksi. Pada tahun 2022, industri pengolahan mampu tumbuh positif sebesar 9,86% dengan kontribusi terbesar diperoleh dari subsektor industri makanan dan minuman yakni sebesar 59,54%. Besarnya kontribusi yang diberikan oleh subsektor ini tidak lepas dari peningkatan jumlah perusahaan. Pada tahun tersebut, terjadi peningkatan sebanyak 1.599 unit atau 3,2%. Sehingga total perusahaan yang bergerak pada sektor industri makanan dan minuman mencapai 50.959 unit (Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan, 2023).

Selain memberikan kontribusi positif terhadap perekonomian daerah maupun negara, peningkatan jumlah perusahaan juga menunjukkan bahwa tingkat persaingan bisnis semakin tinggi. Hal tersebut dibuktikan dari hasil survei dan analisis yang dilakukan oleh Komisi Pengawas Persaingan Usaha (KPPU) yang menunjukkan bahwa indeks persaingan nasional mengalami kenaikan dari 4,58 pada tahun 2022 menjadi 4,59 pada tahun 2023. Adapun Sulawesi Selatan berada dalam kategori persaingan yang sedikit tinggi (skor indeks 4,51-5,50) bersama dengan 23 provinsi lainnya (Komisi Pengawas Persaingan Usaha, 2023). Persaingan bisnis yang terjadi mendorong setiap pelaku usaha lebih jeli dalam mengantisipasi keadaan pasar. Persaingan tersebut dapat dimenangkan dengan berbagai cara, terutama melalui manajemen pemahaman pelanggan dan inovasi. Kedua hal tersebut menjadi kunci bagi perusahaan untuk mempertahankan eksistensinya dalam dunia bisnis. Selain itu, juga bisa menjadi dasar dalam strategi pengembangan, peningkatan efisiensi bisnis, serta meningkatkan kinerja dan menciptakan keunggulan kompetitif yang berkelanjutan (Sinansari et al., 2023).

Pelanggan (*customer*) menjadi pihak penting yang memiliki peran kritis dalam menentukan keberlangsungan suatu organisasi atau perusahaan (Zakari & Ibrahim, 2021) karena dapat mempengaruhi pendapatan, kinerja, rencana strategi pemasaran, dan pertumbuhan dari organisasi atau perusahaan tersebut (Chou et al., 2020). Persepsi dan cara pandang setiap individu yang berbeda terhadap suatu produk menjadikan perilaku mereka juga berbeda (Šostar & Ristanovic, 2023b). Melalui pemahaman terhadap pelanggan, suatu perusahaan mampu mengetahui kebutuhan pelanggan secara mendalam, sehingga dalam pembuatan produk atau peningkatan pelayanan bisa secara tepat sesuai dengan kebutuhan atau harapan pelanggan (Chaithanapat et al., 2022). Akan tetapi, kebutuhan pelanggan merupakan suatu hal yang bersifat dinamis dan dapat berubah dengan cepat karena berbagai faktor. Selain itu, konsep perilaku pelanggan itu rumit dan multidimensi, memiliki banyak arti dan

penafsiran yang berbeda. Hal tersebut mencakup keseluruhan elemen yang berkaitan dengan individu yakni sikap, perilaku, kebiasaan, gaya hidup, dan persepsi terhadap produk. Selain itu, masih banyak elemen lain yang juga bisa mempengaruhi perilaku, seperti ciri-ciri pribadi, tahapan pengambilan keputusan, dan pengaruh budaya (Muflikh & Kiloes, 2024). Misalnya, dengan adanya pandemi COVID-19 yang merebak pada tahun 2019, mengubah pendekatan masyarakat dalam seluruh aspek pemikiran, kehidupan dan pekerjaan, organisasi bisnis, serta dalam aspek manajemen proses bisnis. Pandemi telah mengubah perilaku pelanggan seperti dalam pendekatan pemasaran dan penjualan. Kebiasaan konsumen yang baru pada akhirnya terbentuk dan mungkin akan berlanjut melalui peningkatan penggunaan layanan pesan-antar makanan, belanja *online*, dan bersosialisasi secara virtual (Šostar & Ristanovic, 2023a). Sama halnya dengan industri yang lain, industri makanan dan minuman, pada waktu tertentu juga menghadapi berbagai kendala. Potensi kendala yang terjadi biasanya berkaitan dengan rantai pasok termasuk di dalamnya persoalan pelanggan (Chowdhury et al., 2022).

Oleh karena itu, melihat kenyataan bahwa perilaku pelanggan mempunyai dampak penting terhadap kelangsungan hidup dan perkembangan perusahaan (Y. Li et al., 2022), maka kemampuan perusahaan untuk cepat dalam merasakan dan merespon kebutuhan pelanggan yang dinamis menjadi kemampuan bisnis yang sangat penting. Hal ini disebabkan karena kegiatan utama dalam kewirausahaan tidak hanya melibatkan inovasi untuk menciptakan produk atau layanan yang baru sebelum pesaing, tetapi juga mampu memimpin suatu bisnis dalam mengeksplorasi setiap perubahan kebutuhan dan keinginan pelanggan (Al-omoush et al., 2021). Melalui perkembangan internet, data perilaku pelanggan juga ikut berkembang. Sehingga, sangat penting untuk mengetahui cara mendapatkan informasi berharga dari besarnya data tersebut dan menggunakannya untuk memprediksi perilaku pelanggan (Koehn et al., 2020).

Secara teori, perilaku pelanggan (*customer behavior*) didefinisikan sebagai kemungkinan subjektif dimana pelanggan memiliki keinginan untuk membeli atau menggunakan suatu produk (Akram et al., 2021). Perilaku pelanggan juga bisa diartikan sebagai serangkaian tindakan dan reaksi subjek sosial dalam bidang konsumsi yang mencakup kepentingan ekonomi dan interaksi sosial. Komponen ekonomi dari perilaku tersebut berkaitan dengan adanya aspek pemilihan alternatif yang paling menguntungkan, rasionalitas perilaku, efisiensi dan efektivitas hasil perilaku, serta kesadaran terhadap cara-cara yang dianggap mampu memenuhi kebutuhan mereka. Sedangkan dalam konteks interaksi sosial berkaitan dengan persyaratan perilaku menurut kondisi sosial budaya, spontanitas, dan tidak dapat diprediksi (Krestyanpol, 2023).

Berdasarkan teori penelitian yang dilakukan oleh (Abidin et al., 2022), perilaku pelanggan terbagi menjadi tiga tahap, yaitu sebelum, selama, dan setelah pembelian, dimana setiap tahapannya dipengaruhi oleh berbagai faktor. Misalnya pada tahap sebelum pembelian, perilaku pelanggan dipengaruhi oleh perilaku niat (*intentional behavior*) yaitu kecenderungan seseorang untuk melakukan atau tidak melakukan suatu pekerjaan. Kemudian pada tahap terjadinya proses pembelian akan dipengaruhi

oleh keputusan pembelian (*purchasing decision*). Terakhir pada tahap setelah pembelian, perilaku pelanggan akan dipengaruhi oleh tingkat kepuasan dan loyalitas.

Selain itu, berdasarkan faktor yang mempengaruhinya, perilaku pelanggan dapat dibagi menjadi dua, yaitu perilaku rasional dan tidak rasional (Krestyanpol, 2023).

- a. Perilaku rasional didasarkan pada pertimbangan berbagai kemungkinan yang bisa menentukan target konsumsi, seperti kebutuhan fisiologis, proses fungsional rumah tangga, dan persyaratan sosial. Perilaku yang rasional meliputi:
 - 1) Fungsi sasaran yaitu tujuan melakukan kegiatan yakni untuk memenuhi kebutuhan materi).
 - 2) Ketersediaan informasi eksternal untuk proses seleksi dan pengambilan keputusan).
 - 3) Kemampuan intelektual manusia, yaitu memori untuk menyimpan informasi tentang hierarki keputusan, derajat kepuasan, derajat kepentingan, peluang melakukan suatu perilaku, dan pilihan alternatif terbaik.
- b. Perilaku yang tidak rasional didasarkan pada tindakan yang tidak termotivasi secara logis atau secara tidak sadar (berada di bawah pengaruh emosi tertentu), atau dengan kata lain, perilaku irasional berkaitan dengan faktor psikologi.

Berdasarkan uraian teori perilaku pelanggan yang telah dilakukan oleh berbagai penelitian, menunjukkan bahwa perilaku individu bersifat dinamis dan bisa berganti dengan cepat. Perilaku tersebut berubah seiring dengan banyaknya interaksi yang kompleks antara teknologi, ekonomi, sosial, budaya, lingkungan, serta faktor kesehatan dan keselamatan. Perubahan tersebut bisa mencakup preferensi pelanggan, media pembelian, cara berpikir, produk yang dikonsumsi, atau bahkan nilai yang ditekankan oleh pelanggan (Monitor Deloitte, 2020). Akan tetapi, secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku pelanggan dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

- a. Faktor budaya (nilai, norma, moral, bahasa)

Budaya adalah bagian penting dari setiap orang dan menentukan apa yang mereka sukai, serta nilai dan kebiasaan hidup mereka. Perbedaan budaya dari masing-masing daerah berperan penting dalam perilaku pelanggan. Penelitian Al Ghaswyneh et al dalam (Šostar & Ristanovic, 2023b) menyatakan bahwa perilaku pelanggan karena identitas budaya dapat memiliki pengaruh yang sangat kuat dan positif terhadap terciptanya hubungan dengan produk yang disesuaikan dengan perbedaan budaya tersebut.

- b. Faktor sosial

Faktor sosial yang berpengaruh terhadap perilaku pelanggan adalah status sosial, referensi kelompok, dan pemimpin opini. "Referensi kelompok dianggap mempunyai pengaruh sosial dalam pembelian konsumen karena mereka sering kali dijadikan panutan saat membuat keputusan" (Shareef et al., 2019). Pemimpin opini adalah seseorang yang nasihat dan sarannya dihormati oleh konsumen dan orang yang berada di bawahnya ketika memutuskan membeli suatu produk. Studi lain dari (Danish et al., 2019) menyarankan bahwa konsumen tidak membeli produk ramah lingkungan hanya karena fungsinya tetapi juga karena manfaat simbolis dan penerimaan produk di masyarakat. Konsumen akan merasa puas ketika mereka membeli produk ramah lingkungan yang mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

c. Faktor pribadi

Faktor pribadi yang mempengaruhi perilaku konsumen adalah usia, ketahanan siklus hidup, pekerjaan, kondisi ekonomi, kepribadian, dan gaya hidup. Studi (Liu et al., 2023) menunjukkan bahwa “motivasi permintaan, jangka pesan produk, media langsung, dan sikap konsumen menjadi faktor utama yang mempengaruhinya kedalaman keterlibatan konsumen dan perilaku pembelian.”

d. Faktor psikologi

Di antara faktor psikologis, persepsi sangatlah penting. Akan tetapi, terdapat beberapa faktor psikologis lainnya seperti motif dan motivasi, pembelajaran, ciri kepribadian, ingatan, dan pengetahuan. Pandemi, peperangan, bencana alam, jejaring sosial, dan media perlu disebutkan sebagai pengaruh psikologis yang selalu dikaitkan dengan pola perilaku konsumen yang serupa atau sama dari waktu ke waktu. “Pada masa konsumsi emosional saat ini, konsumen tidak hanya peduli pada kuantitas, kualitas, dan harga produk, tetapi juga membutuhkan kepuasan emosional dan identifikasi psikologis saat berbelanja (Bin, 2023). Penelitian (Ayavirina et al., 2022) “mengungkapkan bahwa emosi, perasaan, dan motivasi merupakan faktor yang berhubungan secara signifikan dengan sikap konsumen terhadap pembelian.”

Penyelesaian permasalahan perilaku pelanggan saat ini telah didukung oleh berbagai konsep dan teori dasar yang bertujuan untuk lebih memahami dan menjelaskan terkait keputusan dan perilaku pelanggan, serta untuk mendapatkan implikasi praktis dalam memprediksi keinginan dan perilaku pelanggan, diantaranya menggunakan TPB (*Theory of Planned Behavior*) (Zhu & Deng, 2020). TPB merupakan revisi dari TRA (*Theory of Reasoned Action*) yang merujuk pada penambahan persepsi kontrol perilaku untuk memprediksi apakah seseorang melakukan atau tidak melakukan suatu perilaku. Pada konsep TPB, digunakan tiga komponen penentu yang disengaja, yaitu sikap, norma subjektif, dan persepsi kontrol perilaku. Sikap merupakan penilaian terhadap tingkah laku pribadi seseorang secara umum dalam membuat keputusan pembelian. Norma subjektif diartikan sebagai pandangan seseorang berdasarkan pemikiran individu dalam hidupnya, baik atau tidaknya dia melakukan atau tidak melakukan suatu perilaku. Sedangkan persepsi kontrol perilaku adalah persepsi seseorang tentang betapa sederhana atau sulitnya mewujudkan suatu perilaku yang dipengaruhi oleh persepsi individu tentang ketersediaan dan peran sumber daya dalam realisasi perilaku yang sebenarnya (Abidin et al., 2022). Ada dua pengertian untuk menjelaskan hubungan antara persepsi kontrol perilaku dengan perilaku yang diinginkan. Pertama, persepsi kontrol perilaku akan menyebabkan peningkatan niat berperilaku dan meningkatkan kemungkinan tindakan yang akan dilakukan. Kedua, persepsi kontrol perilaku akan secara langsung mempengaruhi perilaku sejauh persepsi kontrol mencerminkan kontrol yang sebenarnya (Lim & An, 2021).

Oleh karena itu, meskipun sulit memprediksikan dengan tepat bagaimana perilaku pelanggan, tetapi dengan mempelajari secara terus-menerus mengenai gaya hidup, kebiasaan, tren, keinginan, dan kebutuhan konsumen berdasarkan pada teori yang telah ada, maka dapat memberikan wawasan tentang proses pengambilan

keputusan, kebutuhan, dan motivasi mereka. Sehingga perusahaan dapat lebih mudah mempersiapkan kondisi yang menyerupai masa mendatang dan lebih mudah beradaptasi terhadap kebutuhan konsumen (Šostar & Ristanovic, 2023a).

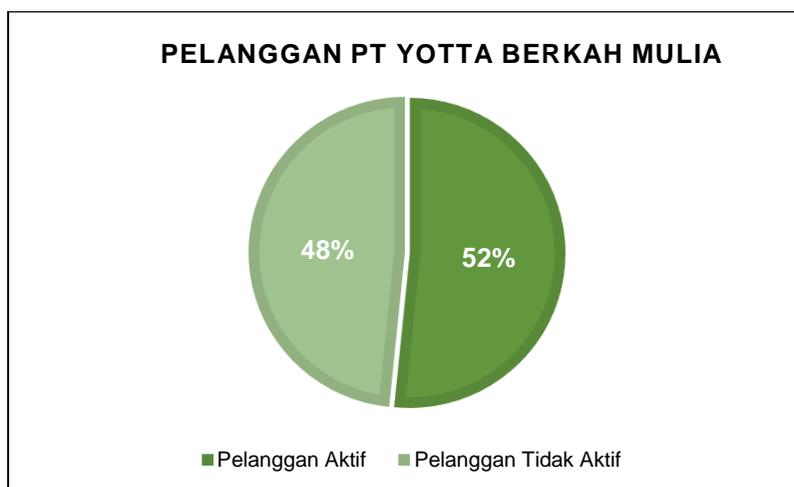
Saat ini, berbagai metode maupun algoritma dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan prediksi, salah satunya menggunakan *data mining*. *Data mining* merupakan alat yang berguna untuk mempelajari perilaku pelanggan, karena dapat menemukan informasi pelanggan yang tersembunyi dan berpotensi berharga untuk dasar pengambilan keputusan bagi perusahaan (Y. Li et al., 2022). Beberapa metode *data mining* modern yang biasa digunakan seperti *Association Rules*, *Decision Trees*, *Gaussian Mixture Models*, *Regression Algorithms*, *Neural Networks*, *Support Vector Machines*, *Bayesian Networks*, dan lain-lain (Agin et al., 2021). Metode MLR (*Multiple Linear Regression*) sendiri menjadi salah satu metode yang sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan prediksi. Hal ini disebabkan karena metode MLR lebih efisien dalam menilai kualitas data sehingga model prediksi yang dilakukan mampu berfokus pada variabel atau elemen yang memiliki korelasi yang tinggi (Lee et al., 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Rath et al., 2020) untuk memprediksi kasus aktif baru dari wabah COVID-19, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa metode MLR memiliki tingkat akurasi prediksi yang lebih tinggi dibandingkan hanya menggunakan metode *Linear Regression*. Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh (Lee et al., 2022) dalam memprediksi kapasitas penyimpanan energi terbarukan, menunjukkan bahwa berdasarkan lima faktor yang mempengaruhi kapasitas penyimpanan, diperoleh nilai korelasi sebesar 0,8884 apabila dipisahkan hari kerja dan akhir pekan, serta nilai korelasi sebesar 0,9218 jika keduanya tidak dipisahkan.

Adapun sistem logika *fuzzy* (FLS) merupakan sebuah model matematis yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dan ketidaktepatan dalam pengambilan keputusan (Qiao et al., 2023). Sehingga konsep ini juga sering digunakan dalam menangani permasalahan prediksi yang bersifat dinamis. Metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) menjadi salah satu metode yang merupakan kombinasi antara FIS (*Fuzzy Inference System*) dan ANN (*Artificial Neural Network*) (Ali et al., 2022). Pada penerapan metode ini, dilakukan perbandingan dengan metode-metode lain menggunakan berbagai jenis evaluasi nilai *error*. Metode ini sering kali dibandingkan dengan metode MLR dalam menyelesaikan persoalan prediksi. Adapun hasil penelitian dari perbandingan keduanya menunjukkan bahwa metode ANFIS memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode MLR (Agin et al., 2021; Çagıl et al., 2023; Zhang et al., 2023). Kemudian, secara khusus (Ljepava & Jovanovi, 2023) membandingkan metode ANFIS dan MLR untuk melakukan penilaian kepuasan pelanggan pada industri susu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode ANFIS menghasilkan nilai *error* yang lebih rendah sebesar 21,05%, 0%, dan 18,95% masing-masing pada evaluasi MAD (*Mean Absolute Deviation*), MSE (*Mean Square Error*), dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dibandingkan dengan MLR.

Berdasarkan uraian dari penelitian-penelitian terdahulu, maka dapat diketahui bahwa tingkat performansi prediksi dari penggunaan metode ANFIS lebih unggul jika dibandingkan dengan metode MLR. Akan tetapi, perbandingan keduanya belum

diterapkan dalam memprediksi perilaku pelanggan yang menjadi permasalahan fundamental dalam perkembangan industri saat ini. Meskipun dalam menilai kepuasan pelanggan, metode ANFIS tetap lebih akurat dibandingkan metode MLR, akan tetapi pada penelitian tersebut hanya melibatkan tiga variabel yang mempengaruhi kepuasan. Sedangkan perilaku pelanggan mencakup banyak faktor atau variabel termasuk salah satunya adalah persepsi kepuasan terhadap produk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode MLR dan ANFIS dalam memprediksi perilaku pelanggan yang dapat digunakan dalam perancangan berbagai aplikasi *marketing* berbasis otomasi guna memudahkan perusahaan dalam memahami pelanggan mereka.

Studi kasus diambil di salah satu UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) yang bergerak pada sektor industri makanan dan minuman yang ada di Sulawesi Selatan, yaitu PT Yotta Berkah Mulia. Perusahaan ini telah berdiri sejak tahun 2015 dengan tingkat ekspansi yang cukup pesat setiap tahunnya dengan tujuan untuk menjangkau lebih banyak pelanggan, yang mana pada bulan Juli 2024, PT Yotta Berkah Mulia telah membuka 53 cabang gerai yang tersebar di berbagai kabupaten/kota di Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, hingga Sulawesi Utara, di antaranya Makassar dan Gowa. Namun, pada kenyataannya, meskipun perusahaan telah melakukan peningkatan jumlah gerai, tetapi justru terjadi ketidakstabilan dalam jumlah pelanggan. Sejak berdirinya perusahaan hingga pertengahan tahun 2024, tercatat sebanyak 67.767 pelanggan yang terdaftar dalam aplikasi milik perusahaan, akan tetapi sebesar 48% dari total tersebut sudah dikategorikan tidak aktif berdasarkan riwayat transaksi yang dilakukan, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proporsi pelanggan PT Yotta Berkah Mulia

Besarnya angka ketidakaktifan ini disebabkan karena sebagian besar pelanggan yang telah menggunakan aplikasi pelayanan, tidak lagi melanjutkan penggunaannya, sehingga selalu terjadi pergantian pelanggan. Kondisi ini menunjukkan bahwa terjadi permasalahan dalam loyalitas pelanggan yang menjadi salah satu aspek utama dalam perilaku yang diharapkan pada pelanggan.

Permasalahan lainnya adalah beberapa gerai yang telah dikembangkan mengalami penurunan pendapatan yang awalnya berada pada tingkat penjualan tinggi (*high sales*) menjadi penjualan rendah (*low sales*). Meskipun perusahaan senantiasa berupaya meningkatkan kepuasan pelanggan melalui variasi produk dan fasilitas pelayanan, akan tetapi pada kenyataannya hal tersebut masih belum mampu meningkatkan penjualan.

Salah satu kondisi yang terjadi adalah pada pengembangan Gerai Mappaoddang dan Gerai Pettarani. Kedua gerai ini dikategorikan memiliki tingkat pelayanan yang sama berdasarkan fasilitas pembuatan produk. Akan tetapi, gerai yang ada di Pettarani justru memiliki tingkat penjualan yang tinggi (*high sales*) dengan kisaran pendapatan Rp8.000.000,- sampai Rp12.000.000,- per hari, sedangkan di Mappaoddang berada pada tingkat penjualan yang rendah (*low sales*) dengan kisaran pendapatan kurang dari Rp5.000.000,- per hari.

Sehingga, permasalahan-permasalahan yang terjadi menunjukkan bahwa ada banyak faktor yang bisa mempengaruhi perilaku pembelian pelanggan, yang mana perusahaan masih belum memperhatikan hal tersebut. Perusahaan masih kurang dalam pemahaman terhadap kebutuhan dan pola permintaan pelanggan, yang secara umum sebagian besar pelanggan dari Yotta adalah generasi Z yang lahir pada tahun 1997 hingga tahun 2012. Perilaku generasi ini tentu berbeda dengan perilaku generasi sebelumnya dan setelahnya, termasuk dengan adanya berbagai faktor eksternal seperti sosial, budaya, ekonomi, maupun lingkungan yang bisa mempengaruhi mereka dalam berperilaku. Oleh karena itu, terlebih dahulu, perusahaan harus mampu memahami pelanggan sebelum melakukan peningkatan fasilitas dan pelayanan, sehingga ekspansi yang dilakukan bisa meminimalisir pengaruh negatif seperti ketidaksesuaian dengan permintaan atau kebutuhan pelanggan yang bisa mengakibatkan kerugian karena jumlah pengeluaran lebih besar daripada pendapatan perusahaan.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang terjadi, maka dapat diuraikan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengetahui cara memprediksi pola perilaku pelanggan khususnya pada generasi Z.
- b. Mengetahui penerapan sistem penggunaan metode MLR (*Multiple Linear Regression*) dan ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk memprediksi pola perilaku pelanggan khususnya pada generasi Z.
- c. Mengetahui tingkat akurasi yang paling optimal dari penggunaan metode MLR dan ANFIS dalam memprediksi pola perilaku pelanggan khususnya pada generasi Z.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terfokus dan tidak meluas dari pembahasan yang dimaksudkan, maka terdapat beberapa pembatasan ruang lingkup penelitian, yakni sebagai berikut.

- a. Penelitian ini berfokus pada pelanggan Yotta yang termasuk dalam kategori generasi Z dan berdomisili di daerah Makassar dan Gowa.

- b. Penentuan jumlah sampel berdasarkan rata-rata pengunjung di seluruh gerai Yotta yang ada di Makassar dan Gowa.
- c. Pengambilan sampel secara langsung dilakukan pada gerai yang dikategorikan memiliki tingkat penjualan tinggi.
- d. Evaluasi kelayakan model didasarkan pada 5 parameter, yaitu koefisien korelasi, koefisien determinasi, MSE (*Mean Square Error*), RMSE (*Root Mean Square Error*), dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat dalam beberapa aspek baik secara praktik maupun teori, yakni sebagai berikut:

- a. Manfaat praktis
 - 1) Memberikan kontribusi pemikiran bagi pihak perusahaan dalam rangka peningkatan kualitas pelayanan sehingga dapat meningkatkan kepuasan dan loyalitas pelanggan.
 - 2) Memberikan kontribusi teknis bagi pihak perusahaan sebagai dasar pengambilan keputusan sekaligus bahan untuk meningkatkan kualitas pengembangan sistem pelayanan yang berbasis otomatisasi.
 - 3) Memperluas wawasan bagi pihak perusahaan tentang perilaku pelanggan yang memudahkan pihak internal perusahaan dalam memprediksi kebutuhan pelanggan.
- b. Manfaat teoritis
 - 1) Menambah wawasan atau perbendaharaan ilmu terkait berbagai metode yang dapat diterapkan dalam memprediksi perilaku pelanggan.
 - 2) Memberikan landasan atau referensi bagi peneliti lain ketika melakukan penelitian yang sejenis dalam rangka meningkatkan pemahaman terhadap kebutuhan pelanggan.

1.5 Penelitian Terdahulu

Peneliti membutuhkan berbagai penelitian terdahulu sebagai bahan referensi dalam melakukan penelitian ini. Hal ini bertujuan untuk membantu peneliti dalam mengkaji penelitian yang dilakukan, sekaligus sebagai bentuk perbandingan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian yang sudah ada. Berikut penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.

Tabel 1. Daftar penelitian terdahulu

Judul, Peneliti, Tahun Terbit	Variabel	Metode Penelitian	Hasil
" <i>The Combination of Multiple Linear Regression and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Can Accurately Predict Trihalomethane Levels</i> "	3 variabel yaitu <i>Total Trihalomethanes (T-THMs), Trichloromethane (TCM), Bromodichloro-</i>	ANFIS (<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>), MLR (<i>Multiple Linear</i>	Nilai koefisien korelasi menunjukkan bahwa ANFIS > RBF-ANN > MLR. Sedangkan nilai <i>error</i> menunjukkan

Judul, Peneliti, Tahun Terbit	Variabel	Metode Penelitian	Hasil
<p><i>in Tap Water with Fewer Quality Parameters</i>”,</p> <p>Jianzhen Zhang, Duo Ye, Quanyou Fu, Hongjun Lin, Xiaoling Zhou, Wenjing Deng, Zeqiong Xu, Hongjie Sun, Huachang Hong,</p> <p>2023</p>	<p>methane (BDCM)</p>	<p>Regression), dan RBF-ANN (Radial Basis Function Artificial Neural Networks)</p> <p>Metode evaluasi: RMSE (Root Mean Square Error), MARE (Mean Absolute Relative Error), $N_{E<25\%}$, dan $N_{E>40\%}$</p>	<p>ANFIS < RBF-ANN < MLR.</p> <p>Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode yang paling akurat adalah metode ANFIS.</p>
<p>“Comparative Analysis of Multiple Linear Regression (MLR) and Adaptive Network-Based Fuzzy Inference Systems (ANFIS) Methods for Vibration Prediction of Diesel Engine Containing HN_3 Additive”,</p> <p>Gultekin Cagil, Sena Nur Guler, Ayse Unlu, Omer Boyukdibi, Gokhan Tuccar,</p> <p>2023</p>	<p>5 variabel yaitu NH_3 additive rate, x-axis, y-axis, tegangan RMS, dan Engine Speed, serta z-axis sebagai variabel dependen.</p>	<p>ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) dan MLR (Multiple Linear Regression)</p> <p>Metode evaluasi: MSE, MAE, dan RMSE</p>	<p>Berdasarkan evaluasi performansi, nilai koefisien korelasi ANFIS > MLR, sedangkan nilai error menunjukkan ANFIS < MLR. Sehingga</p>
<p>“Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System and Data Mining Approach to Predict Lost Circulation Using DOE Technique (Case Study: Maroon Oilfield)”,</p> <p>Farough Agin, Rasool</p>	<p>18 variabel yaitu Drilling Meterage, Hole Size, WOB, Pump Rate, Pump Pressure, Viscosity, Θ_{600}, Θ_{300}, Gel Strenght, Drilling Time, Mud</p>	<p>Data Mining (Regression) dan ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)</p>	<p>Nilai koefisien korelasi menunjukkan bahwa ANFIS > Data Mining, sedangkan nilai error ANFIS < Data Mining. Sehingga dapat disimpulkan</p>

Judul, Peneliti, Tahun Terbit	Variabel	Metode Penelitian	Hasil
Khosravanian, Mohsen Karimifard, Amirhosein Jahanshahi, 2020	<i>Velocity, Solid Percent, Rotation of Bit, Formation Type, Pore Pressure, Mud Pressure, Fracture Pressure, Loss Severity</i>		bahwa metode ANFIS lebih akurat daripada <i>Data Mining</i> .
“ <i>Industrial Application of the ANFIS Algorithm – Customer Satisfaction Assessment in the Dairy Industr</i> ” Nikolina Ljepava, Aleksandar Jovanovic, Aleksander Aleksic, 2023	4 variabel yaitu <i>Customer Satisfaction Index (CSI), Customer Expectations (CEs), Perceived Quality (PQ), Perceived Value (PV)</i>	ANFIS (<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>), CBR (<i>Case Base Reasoning</i>) MLR, ANN, FLS dengan <i>Delphi Technique</i>	Hasil performansi nilai <i>error</i> berdasarkan metode MAD, MSE, dan MAPE menunjukkan bahwa ANFIS memiliki performansi yang lebih baik dalam menilai kepuasan pelanggan dibandingkan metode CBR, MLR, ANN, dan FLS.
“ <i>Exploring ANFIS Application Based on Actual Data from Wastewater Treatment Plant for Predicting Effluent Removal Quality of Selected Major Pollutants</i> ” Liang Qiao, Pei Yag, Qi Leng, Lijie Xu, Yanxin Bi, Jinzhen Xu, Zhe Wang, Jianye Liu, Wanxin Yin, Luyan Zhang, Feihog Wang, Ye Yuan, Tianming Chen, Chen Ding,	5 variabel yaitu <i>External Sludge, Phosphorus Removal Agent, Carbon Source, Aeration, Washing Agent. NaClO</i>	ANFIS (<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>) Metode Evaluasi: RMSE dan MAPE	Diperoleh nilai koefisien korelasi berada pada rentang 0,82 – 0,95 untuk jenis polutan COD, SS, NH ₃ N, dan TP, sedangkan untuk TN memiliki koefisien korelasi sebesar 0,25.

Judul, Peneliti, Tahun Terbit	Variabel	Metode Penelitian	Hasil
2023			
<p>“<i>Financial Data Quality Evaluation Method Based on Multiple Linear Regression</i>”</p> <p>Meng Li, Jiqiang Liu, Yeping Yang</p>	<p>6 variabel yaitu <i>Integrity, accuracy, timeliness, uniformity, uniqueness, compliance</i></p>	<p>MLR (<i>Multiple Linear Regression</i>)</p>	<p>Dengan mempertimbangkan skor dampak (<i>impact score</i>) dan hasil statistik lainnya, maka variabel <i>timeliness</i> dapat dikeluarkan dari indikator utama.</p>
2023			
<p>“<i>Learner’s Continuance Intention in Multimodal Language Learning Education: an Innovative Multiple Linear Regression Model</i>”</p> <p>Yan Huang, Wei Xu, Paisan Sukjairungwattana, Zhonggen Yu,</p>	<p>9 variabel yaitu <i>Perceived Investment (PI), Continuance Intention (CI), Percieved Ease of Use (PEOU), Perceived Usefulness (PU), Attitudes Toward Mulmodal Language Learning Education (AT), Individual Technology fit (ITF), Task Technology Fit (TTF), Openness (OP), Reputation (RP)</i></p>	<p>MLR (<i>Multiple Linear Regression</i>)</p>	<p>Diketahui bahwa CI, PU, PEOU, dan AT merupakan variabel dependen. Kemudian secara umum, berdasarkan bobot regresi dan <i>p-values</i> data yang diambil sesuai dengan model, dimana 3 dari 15 hipotesis ditolak dan 12 dari 15 hipotesis diterima.</p>
2024			
<p>“<i>Prediction of New Active Cases of Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic Using Multiple Linear Regression Model</i>”,</p> <p>Smita Rath, Alakananda Tripathy, Alok Ranjan Tripathy,</p>	<p>4 variabel yaitu Total Kasus Terkonfirmasi, kasus aktif, kasus meninggal, dan kasus positif.</p>	<p>MLR (<i>Multiple Linear Regression</i>)</p> <p>Metode Evaluasi: MAE, MSE, dan RMSE</p>	<p>Berdasarkan hasil analisis yang diterapkan pada 2 kelompok data yaitu Odisha dan India, diketahui bahwa model yang ditetapkan mampu memprediksi permasalahan dengan akurat</p>

Judul, Peneliti, Tahun Terbit	Variabel	Metode Penelitian	Hasil
2020			dilihat dari nilai koefisien korelasi sebesar 0,9985 untuk data Odisha dan 1,0 untuk data India. Begitu pula dengan nilai <i>error</i> yang dihasilkan sangat kecil.
<p>“A New Oversampling Method and Improved Radial Basis Function Classifier for Customer Consumption Behavior Prediction”</p> <p>Yue Li, Wiaoyun Jia, Ruili Wang, Jianfang Qi, Haibin Jin, Xiaoquan Chu, Weisong Mu,</p> <p>2022</p>	<p>16 variabel yaitu: <i>Brand, Vintage, Origin, Package, Price, Promotion, Relatives and Friends, Advertising Information, Reputation, Effect, Knowledge, Gender Age, Marital Status Occupation, Monthly Income, Education, Regional Economic Development</i></p>	<p>Tomek-CASUWO (Oversampling metode) ILS-RBFNN (Immune Algorithm and Least-Square – Radial Basis Function Neural Network)</p>	<p>Berdasarkan hasil analisis <i>oversampling</i>, tetapi performansi dari Tomek-CASUWO memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik dibandingkan dengan SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) dan ASUWO (Adaptive Semi-supervised Weighted Oversampling). Adapun hasil akurasi prediksi menunjukkan bahwa metode ILS-RBFNN jauh lebih tinggi dibandingkan dengan metode RBFNN dan LS-RBFNN.</p>
<p>“The Multiple Effects of Service Innovation and Quality on Transitional and Electronic Word-of-Mouth in Predicting Customer Behavior”,</p>	<p>5 variabel yaitu informasi demografis, inovasi pelayanan, kualitas pelayanan, loyalitas</p>	<p>SEM (Structural Equation Modelling)</p>	<p>Nilai keandalan yang dibuat dari model berada pada rentang 0,792-0,967 yang berarti lebih tinggi daripada standar</p>

Judul, Peneliti, Tahun Terbit	Variabel	Metode Penelitian	Hasil
Wei-Long Lee, Chih-Hsig Liu, Tzu-Wen Tseng, 2022	pelanggan, dan pemasaran WOM (<i>Word of Mouth</i>)		yang direkomendasikan yaitu 0,7. Kemudian berdasarkan parameter <i>Goodness of Fit</i> menurut Chi-Square, <i>p-values</i> , CFI (<i>Comparative Fit Index</i>), AGFI (<i>Adjust Goodness of Fit Index</i>), GFI (<i>Goodnes Fit Index</i>), IFI (<i>ncremental Fit Index</i>), dan RMSEA (<i>Root Mean Square Error of Approximation</i>), diketahui bahwa model yang dibuat mampu memenuhi syarat <i>model fit</i> .

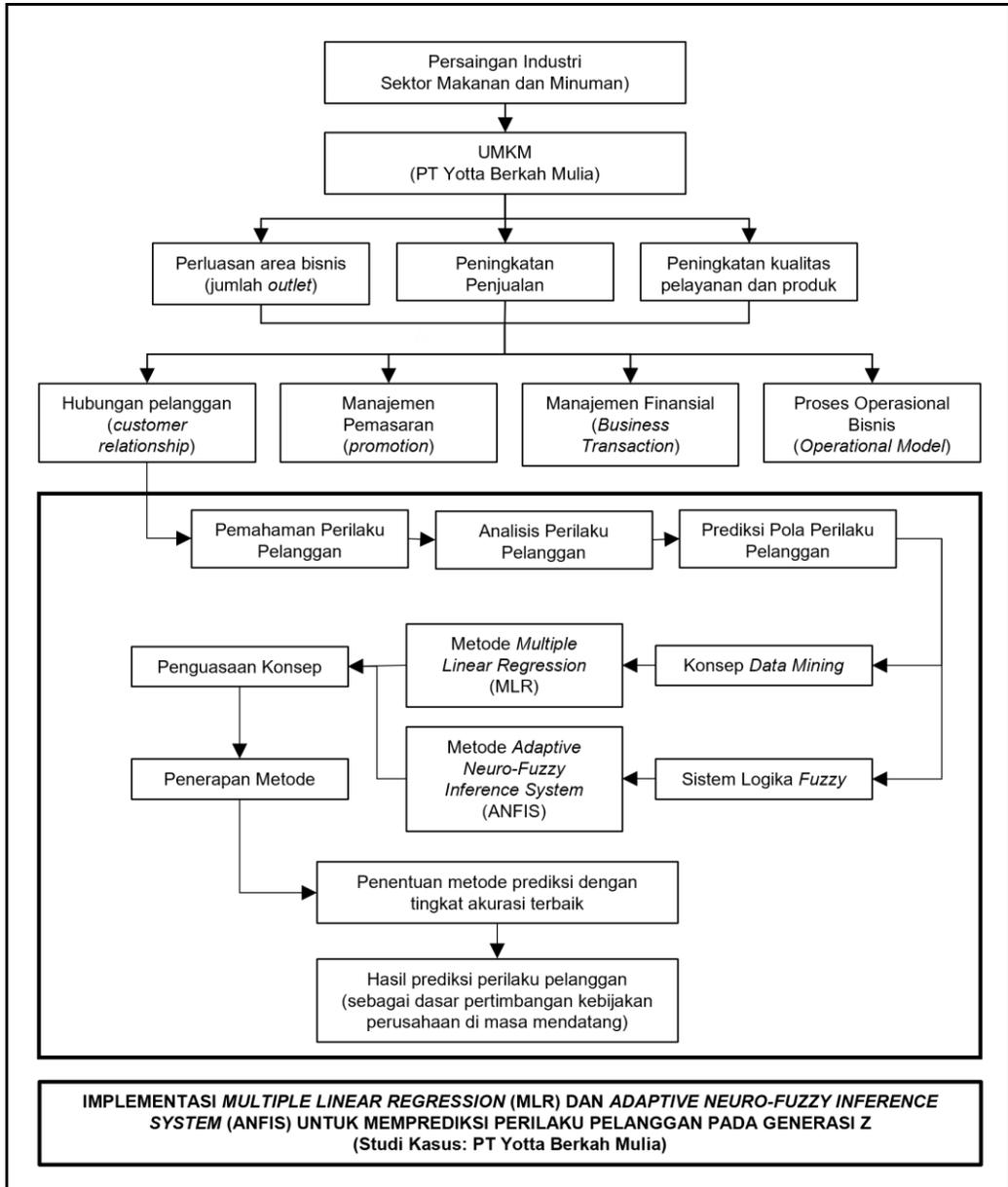
BAB II METODE

2.1 Kerangka Penelitian

Penelitian ini dibangun berdasarkan beberapa hal. *Pertama*, pesatnya perkembangan UMKM di Sulawesi Selatan yang menjadikan persaingan antarindustri terutama dalam sektor makanan dan minuman menjadi semakin ketat. Sehingga tidak jarang, banyak usaha yang mulai 'gulung tikar' akibat ketidakmampuan mempertahankan eksistensinya dalam dunia bisnis. *Kedua*, permasalahan yang dialami oleh PT Yotta Berkah Mulia yakni terjadinya ketidaksesuaian antara pesatnya ekspansi yang dilakukan dengan peningkatan penjualan akibat kurangnya pemahaman terhadap pola kebutuhan dan permintaan pelanggan. *Ketiga*, fokus permasalahan yang terjadi adalah terkait dengan perilaku konsumen sehingga pendekatan yang digunakan harus memperhatikan pengalaman maupun faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan pembelian pelanggan. *Keempat*, metode analisis perilaku konsumen semakin berkembang dimana sekarang ini dapat dilakukan dengan menerapkan konsep *data mining* dan logika *fuzzy*, sehingga penyelesaian permasalahan ini dapat dilakukan dengan mengadopsi berbagai metode dari kedua konsep tersebut. Selain itu, perkembangan teknologi juga menuntut perusahaan untuk semaksimal mungkin menerapkan sistem otomatisasi dalam berbagai bidang. Penerapan konsep *data mining* dapat mendukung berbagai perancangan dan pengembangan aplikasi berbasis digital yang menerapkan otomatisasi dalam operasionalnya. *Kelima*, berbagai penelitian terdahulu yang menunjukkan perbandingan antara metode *data mining* khususnya *Multiple Linear Regression* (MLR) dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) menunjukkan adanya perbedaan signifikansi dari akurasi yang dihasilkan. Sehingga uji coba penggunaan kedua metode dipandang perlu diterapkan dalam prediksi perilaku pelanggan. Berdasarkan kelima hal tersebut, maka disusunlah kerangka berpikir penelitian yang merupakan pola pikir gagasan peneliti yang dikembangkan, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

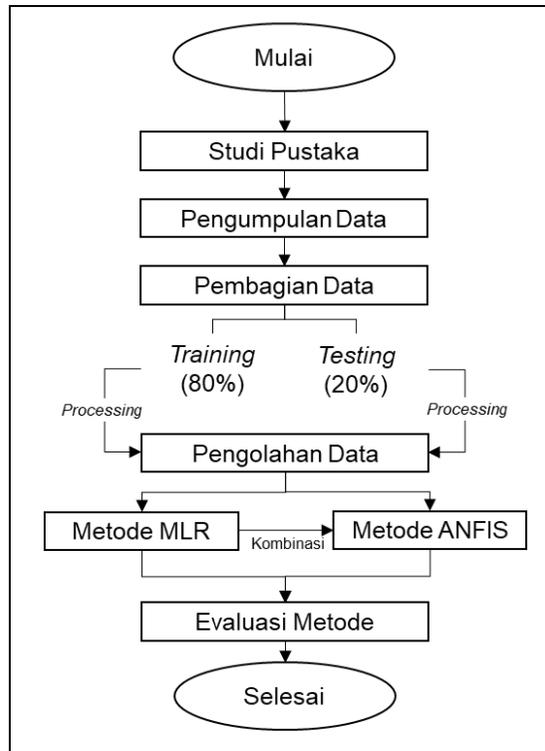
Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan mulai dari bulan Maret sampai Agustus 2024. Pada bulan Maret, dilakukan penyusunan dan perumusan masalah penelitian, kemudian pada bulan April dilakukan perancangan dan penyusunan instrumen (indikator) penelitian, pada bulan Mei hingga dilakukan pengambilan data awal serta pengujian instrumen penelitian, bulan Juni sampai Juli dilakukan proses pengambilan data, dan pada bulan Agustus dilakukan pengolahan dan analisis data. Adapun tempat penelitian ini dilakukan pada seluruh gerai PT Yotta Berkah Mulia yang ada di Kota Makassar dan Kabupaten Gowa.



Gambar 2. Kerangka berpikir penelitian

2.3 Metode dan Alur Penelitian

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian, maka metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian terapan (*applied research*). Penelitian ini bertujuan untuk menguji manfaat dari teori-teori ilmiah sekaligus mengetahui hubungan empiris dan analisis dari permasalahan yang akan diselesaikan. Adapun alur penyelesaian penelitian adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Alur Penelitian

2.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan faktor terpenting dalam keberhasilan suatu penelitian. Hal tersebut disebabkan karena data yang dikumpulkan digunakan untuk pemecahan masalah yang ada, sehingga data tersebut harus dapat dipercaya dan akurat.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara, yakni:

a. Observasi

Proses pengumpulan data ini dilakukan dengan mengamati kondisi yang terjadi secara langsung di lapangan, hal ini bertujuan untuk melihat secara nyata bagaimana pelayanan yang dilakukan oleh setiap gerai.

b. Kuesioner

Proses pengumpulan data ini menjadi tahap utama untuk mengetahui perspektif pelanggan terhadap produk maupun pelayanan perusahaan. Pada proses ini, kuesioner diberikan kepada subjek penelitian yaitu pelanggan PT Yotta Berkah Mulia di seluruh gerai Makassar dan Gowa yang tergolong dalam usia generasi Z (kelahiran tahun 1997 sampai 2012).

c. Wawancara

Proses pengumpulan data ini dilakukan dengan mewawancarai pihak perusahaan dan pelanggan untuk memperoleh beberapa data internal seperti data gerai perusahaan, data penjualan, dan data pelanggan, serta untuk memvalidasi pendapat setiap pelanggan terutama dalam penilaian kualitas pelayanan.

Adapun penentuan populasi penelitian yang tidak dapat diukur secara mutlak, maka ditentukan berdasarkan rata-rata pengunjung di setiap gerai yang ada di Makassar dan Gowa. Nilai tersebut diperoleh dari rata-rata pendapatan dan pembelian setiap gerai per hari pada masing-masing tingkatan penjualan (*sales level*). Sehingga, diperoleh sampel sebanyak 378 pelanggan berdasarkan ketentuan Slovin pada tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian sebesar 5%.

Selain itu, pada proses pengumpulan data juga mempertimbangkan beberapa kriteria pelanggan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pelanggan berdasarkan demografi dan hubungannya dengan produk. Berikut merupakan karakteristik umum dan demografi yang ditetapkan pada distribusi frekuensi responden.

- a. *Demographic & financial status*: meliputi usia, jenis kelamin, pekerjaan, pendidikan, status pernikahan, pendapatan, dan jarak tempat tinggal.
- b. *Relationship & history with brand*: menjelaskan hubungan antara pelanggan dengan produk dan bagaimana pengalaman pelanggan selama berinteraksi dengan produk tersebut.
- c. *Goals & aspirations*: menjelaskan tujuan dari pelanggan dalam membeli produk tersebut.
- d. *Segment*: memberikan gambaran penjelasan mengenai kategorisasi pelanggan dalam segmentasi pembelian produk.

2.5 Variabel Penelitian

Adapun beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. *Attitude* (sikap)

Sikap merupakan penilaian terhadap tingkah laku pribadi seseorang secara umum dalam membuat keputusan pembelian (Abidin et al., 2022). Berdasarkan penelitian (Lim & An, 2021), dinyatakan bahwa variabel sikap memiliki pengaruh positif terhadap niat perilaku pelanggan, dalam hal ini untuk membentuk niat pembelian makanan Yak-sun di Korea. Adapun dalam penelitian ini, variabel sikap terdiri dari lima indikator yang menggambarkan sikap pengambilan keputusan pembelian yaitu berdasarkan harga atau promo, pelayanan, kualitas rasa, variasi produk, dan kenyamanan gerai.

b. *Subjective norms* (norma subjektif)

Norma subjektif merupakan pandangan seseorang berdasarkan pemikiran individu dalam hidupnya, baik atau tidaknya dia melakukan atau tidak melakukan suatu perilaku (Abidin et al., 2022). Berdasarkan penelitian (Lim & An, 2021), diketahui bahwa terdapat hubungan positif antara norma subjektif dan niat berperilaku. Adapun dalam penelitian ini, variabel norma subjektif diuraikan dalam lima indikator yang menyatakan persepsi individu terkait sejauh mana lingkungan sosial mempengaruhi minat pembeliannya.

c. *Perceived behavioral control* (persepsi kontrol perilaku)

Persepsi kontrol perilaku adalah persepsi seseorang tentang betapa sederhana atau sulitnya mewujudkan suatu perilaku yang dipengaruhi oleh persepsi individu tentang ketersediaan dan peran sumber daya dalam realisasi perilaku (Abidin et al., 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Lim & An, 2021), variabel kontrol perilaku memiliki pengaruh yang kuat dan signifikan dalam membentuk niat

pembelian makanan Yak-sun. Adapun pada penelitian ini, variabel control perilaku terdiri dari tiga indikator yang menyatakan persepsi individu terkait kemudahan/kesulitan melakukan pembelian.

d. *Lifestyle* (gaya hidup)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Mahpour et al., 2023), gaya hidup berpengaruh signifikan terhadap orientasi perilaku pelanggan dalam melakukan pembelian. Hal ini disebabkan karena gaya hidup dapat membentuk preferensi, nilai, dan prioritas pelanggan dalam memilih tujuan pembelian. Sehingga dalam penelitian ini, variabel gaya hidup terdiri dari enam indikator yang menyatakan preferensi gaya hidup sehari-hari pelanggan.

e. *Brand love* (kecintaan terhadap merek)

Kecintaan terhadap merek melambangkan pembentukan hubungan emosional dengan sebuah merek. Berdasarkan penelitian (Izquierdo-Yusta et al., 2022), pelanggan yang menyukai suatu merek cenderung akan menunjukkan perilaku yang merepresentasikan loyalitas, seperti pembelian berulang, rekomendasi positif dari mulut ke mulut, dan penolakan untuk beralih ke merek alternatif, serta dapat mendorong mereka untuk secara aktif terlibat dan mendukung merek di kalangan sosial mereka. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, variabel kecintaan terhadap merek dibagi menjadi lima indikator yang menyatakan ketertarikan emosional individu terhadap produk tertentu yakni *pleasure*, *affection*, *passion*, *unicity*, dan *dream*.

f. *Product value* (nilai produk):

Berdasarkan penelitian (Izquierdo-Yusta et al., 2022), nilai produk merupakan faktor penting yang mempengaruhi persepsi dan preferensi konsumen di industri makanan, hal ini disebabkan karena nilai produk mencerminkan kualitas dari produk yang ditawarkan. Pada penelitian tersebut, menunjukkan bahwa pelanggan cenderung mengapresiasi dan mengutamakan nilai-nilai tertentu seperti kealamian, rasa, dan harga, Ketika mengambil Keputusan pembelian. Sehingga, dalam penelitian ini, variabel nilai produk diuraikan menjadi sepuluh indikator yang menyatakan penilaian individu terhadap suatu produk, yakni dari aspek modern, rasa, harga, keamanan, kenyamanan, nutrisi, keaslian, keadilan, penampilan, dan dampak lingkungan.

g. *Behavioral Intention* (niat berperilaku)

Niat berperilaku merupakan konsep utama dalam *Theory of Planned Behavior* (TPB) yang dapat diartikan sebagai kemungkinan subjektif atau kesiapan individu untuk melakukan perilaku tertentu (Izquierdo-Yusta et al., 2022) atau dengan kata lain, Tindakan individu yang direncanakan atau diharapkan terjadi di masa depan (Lim & An, 2021). Oleh karena itu, pada penelitian ini, variabel niat berperilaku yang menjadi variabel dependen, dibagi menjadi tiga indikator yang menyatakan kecenderungan perilaku untuk melakukan pembelian produk, seperti keputusan pembelian, dorongan untuk merekomendasikan, serta loyalitas pelanggan.

2.6 Pengolahan Data

Data prediksi perilaku pelanggan yang telah didapatkan selanjutnya akan diolah ke dalam tahap *pre-processing* yaitu data yang kosong atau tidak stabil, maka akan diseleksi dan dihapus. Kemudian data tersebut akan dilanjutkan ke dalam proses perhitungan. Sebelum itu, data akan dibagi menjadi dua yaitu data latih (*training*) dan data uji (*testing*) dengan proporsi 80:20. Adapun perhitungan data dilakukan berdasarkan metode *Multiple Linear Regression* (MLR) dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Systems* (ANFIS) dengan menggunakan bantuan *software* SPSS, Matlab, dan Google Colab. Hal ini bertujuan untuk membandingkan tingkat akurasi guna menentukan metode yang paling tepat dalam memprediksi perilaku pelanggan.

2.6.1 *Multiple Linear Regression* (MLR)

Regresi linier berganda atau *Multiple Linear Regression* (MLR) merupakan salah satu metode statistik yang paling umum digunakan dalam berbagai bidang seperti psikologi, sosial, pemasaran, dan ilmu kesehatan. Metode ini biasanya digunakan untuk menguji hipotesis yang diajukan melalui identifikasi hubungan linier antara variabel independen dan variabel dependen.

Penggunaan regresi dalam mengolah data memiliki keuntungan dalam hasil evaluasinya, yaitu bisa dikuantifikasi, lebih intuitif, dan tingkat akurasinya yang tinggi. Selain itu, dalam menghadapi data pelanggan yang sangat besar, maka model evaluasi bisa berjalan lebih cepat dan nyaman, serta hasil yang objektif (M. Li et al., 2023). Adapun dalam persoalan prediksi perilaku pelanggan, beberapa keuntungan penggunaan MLR, diantaranya adalah sebagai berikut (Huang et al., 2024).

- a. Memungkinkan terjadinya pengendalian variabel perancu (memiliki pengaruh tidak signifikan) dan pengukuran pengaruhnya terhadap variabel dependen.
- b. Memungkinkan untuk dilakukan secara bersamaan dalam menguji dampak dari beberapa variabel independen terhadap satu variabel dependen, sehingga hasil yang diperoleh lebih komprehensif dan holistik.
- c. Regresi linier berganda relatif lebih kuat terhadap *outlier* (data kritis) dan data yang hilang (*missing value*) karena metode ini menghitung garis regresi berdasarkan sebagian besar titik data.
- d. Regresi linier berganda juga memiliki sensitivitas yang rendah terhadap variabel non-informatif yang dimasukkan sehingga lebih cocok untuk analisis data eksplorasi.

Adapun tujuan utama dari penggunaan regresi linier adalah mencocokkan garis lurus dengan data perkiraan variabel Y (dependen) untuk setiap variabel X (independen) (Rath et al., 2020). Model persamaan dari regresi linier berganda dengan N variabel adalah sebagai berikut (Çagıl et al., 2023).

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_nX_n + \varepsilon \quad (1)$$

Dimana:

Y = variabel dependen (*output*)

β_0 = konstanta variabel Y

ε = nilai *error*

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ = koefisien

X_1, X_2, \dots, X_n = variabel independen (*input*)

Pada pengembangan model regresi linier berganda, terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut (Huang et al., 2024).

- a. Nilai R^2 , menggambarkan seberapa baik suatu model mampu menjelaskan variansi pada variabel dependen, sambil memperhitungkan jumlah variabel independen.
- b. Koefisien korelasi Pearson (r), mengukur hubungan linier antara dua variabel.
- c. Nilai F dalam uji ANOVA (*Analysis of Variance*), menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata dua kelompok atau lebih.
- d. *Variance Inflation Factors* (VIF), menilai multikolinearitas model regresi linier. Multikolinearitas terjadi ketika variabel independen sangat berkorelasi satu sama lain yang dapat membuat koefisien regresi menjadi bias dan meningkatkan kesalahan standar prediksi.
- e. Nilai toleransi, yaitu ukuran sebesar besar suatu variabel independen dapat berubah secara signifikan.
- f. Koefisien regresi (β), merupakan ukuran pengaruh setiap variabel independen terhadap variabel dependen dalam suatu model regresi.
- g. *Standardized Residual* (ZRE), yaitu ukuran seberapa cocok setiap observasi dengan model regresi.
- h. Jarak Cook (*Cook's distance*), adalah ukuran yang digunakan untuk mengidentifikasi *outlier* dalam model regresi linier.
- i. *Standard Error* (SE) yaitu ukuran ketidakpastian yang terkait dengan perkiraan titik data dari model statistik.
- j. Kurtosis, yaitu ukuran tingkat keruncingan dari suatu distribusi probabilitas.
- k. *Skewness*, yaitu ukuran asimetri atau kemiringan dari suatu distribusi probabilitas.

2.6.2 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Pada tahun 1992, Jang Takagi mengembangkan metode ANFIS berdasarkan model *fuzzy* Sugeno. Metode ini menggabungkan keterampilan pembelajaran jaringan saraf tiruan dengan keuntungan dari aturan *fuzzy if-if*, yang mencerminkan pemikiran dan informasi manusia, memberikan solusi yang meyoroti sisi baik dari buatan jaringan saraf dengan metode logika *fuzzy* (Çagil et al., 2023). Adapun FIS (*Fuzzy Inference System*) memiliki kemampuan pembelajaran dimana fungsi nonlinier bisa diperkirakan. Sehingga metode ANFIS yang menggabungkan kedua metode ini memiliki keuntungan dari keduanya dan saling menutupi kekurangan dari masing-masing metode (Agin et al., 2021) yakni memiliki kemampuan untuk pembelajaran mandiri dan penyempurnaannya, serta mampu menangani hubungan yang non-linier dan tidak pasti.

Akan tetapi, di sisi lain metode ANFIS mengalami beberapa kekurangan yaitu model menjadi kompleks untuk dirancang untuk dioptimalkan, memerlukan data pelatihan yang cukup dan representatif, serta kemampuan interpretasinya akan berkurang ketika model yang dirancang menjadi sangat kompleks. Selain itu, ANFIS juga memiliki beberapa keterbatasan, yakni sebagai berikut (Qiao et al., 2023).

- Merancang model ANFIS dengan aturan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan yang sesuai bisa menjadi sangat kompleks dan membutuhkan waktu yang lebih lama, terutama ketika berhadapan dengan kumpulan data yang besar dan beragam.
- Kelangkaan data bisa menimbulkan tantangan, karena ANFIS memerlukan data pelatihan yang melimpah untuk mencapai prediksi yang kuat dan akurat, yang mungkin sulit diperoleh dalam beberapa kasus.
- ANFIS melibatkan pengaturan beberapa parameter, seperti kecepatan pembelajaran dan jumlah aturan yang berdampak signifikan terhadap kinerja, memerlukan eksperimen ekstensif untuk menemukan parameter optimal.
- Kompleksitas dalam objek penelitian yang melibatkan banyak variabel yang saling berinteraksi menimbulkan tantangan dalam menemukan semua hubungan dengan akurat.

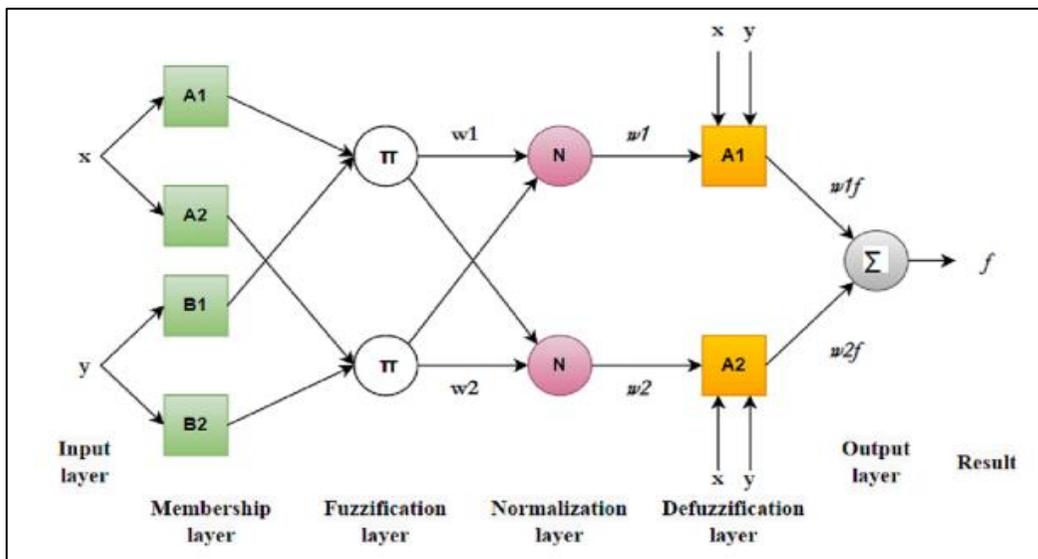
Pada metode ANFIS, lapisan jaringan saraf *feed-forward* berfungsi untuk mempelajari hubungan pemetaan antara *input* dan *output*, sedangkan *fuzzy inference system* menafsirkan dan mengatur hubungan tersebut. Aturan *fuzzy* pada metode ANFIS merupakan bagian dari fungsi model Sugeno yaitu (Qiao et al., 2023):

$$\text{If } x \text{ is } A \text{ and } y \text{ is } B, \text{ then } z = f(x,y) \quad (2)$$

Dimana A dan B menggambarkan derajat *fuzzy* pada sistem, dan $z = f(x,y)$ menggambarkan kesimpulan berdasarkan jumlah *fuzzy* terdekat dari A dan B, dimana $f(x,y)$ adalah fungsi multinomial dari x dan y. Adapun aturan *fuzzy* dinyatakan sebagai berikut (Qiao et al., 2023).

$$\text{Aturan 1 : If } x \text{ is } A_1 \text{ and } y \text{ is } B_1 \text{ then } f_1 = p_1x + q_1y + r_1 \quad (3)$$

$$\text{Aturan 2 : If } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2 \text{ then } f_2 = p_2x + q_2y + r_2 \quad (4)$$



Gambar 4. Struktur ANFIS dengan model Takagi-Sugeno 2-input

Sumber: (Cagil et al., 2023)

Struktur ANFIS terdiri dari 5 lapisan jaringan saraf *feed-forward* seperti pada Gambar 1 dengan rincian sebagai berikut (Agin et al., 2021).

a. Lapisan 1 (*membership layer*)

Setiap *node* i , pada lapisan ini merupakan *node* berbentuk persegi (*adaptive node*) dengan fungsi *node*:

$$O_i^1 = u_{A_i}(x) \quad (5)$$

Dimana x adalah *input* untuk *node* i dan A_i , dengan kata lain, O_i^1 adalah fungsi keanggotaan A_i , menunjukkan derajat sampai dimana x mampu memenuhi pembilang A_i . Adapun $u_{A_i}(x)$ memiliki nilai antara 0-1, dengan menggunakan fungsi bel (*bell-shaped*).

$$u_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad (6)$$

Dimana $\{a_i, b_i, c_i\}$ adalah himpunan parameter. Jika parameter berubah, maka fungsi belnya juga akan berubah. Dengan demikian, berbagai bentuk fungsi keanggotaan pada label linguistik A_i dapat diperoleh. Parameter di lapisan ini disebut dengan parameter premis.

b. Lapisan 2 (*fuzzification layer*)

Setiap *node* pada lapisan ini berbentuk lingkaran (*fixed node*), dimana berfungsi untuk mengalikan setiap sinyal yang masuk dan mengirimkannya keluar. Sebagai contoh:

$$w_i = u_{A_i}(x) \times u_{B_i}(y); i = 1,2 \quad (7)$$

Tiap keluaran *node* menyatakan derajat penembakan (*firing strength*) tiap aturan fuzzy.

c. Lapisan 3 (*normalization layer*)

Setiap *node* pada lapisan ini adalah *node* tetap "Norm". *Node* ke- i menghitung rasio kekuatan penembakan aturan ke- i dengan jumlah semua aturan kekuatan tembakan.

$$\widehat{W}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad (8)$$

Keluaran lapis ini disebut kekuatan penembakan ternormalisasi (*normalized firing strength*).

d. Lapisan 4 (*defuzzification layer*)

Setiap *node* i pada lapisan ini berbentuk persegi (*adaptive node*) dengan fungsi *node*:

$$O_i^4 = \widehat{w}_i f = \widehat{w}_i (p_2 x + q_2 y + r_2) \quad (9)$$

Dengan w_i adalah kekuatan penembakan ternormalisasi dari lapisan 3 dan $\{p_i, q_i, r_i\}$ adalah himpunan parameter dari *node* ini. Parameter pada lapisan ini disebut parameter konsekuen.

e. Lapisan 5 (*output layer*)

Pada lapisan ini hanya ada satu *node* tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan, dengan fungsi:

$$O_i^5 = f = \sum \hat{w}_i f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i} \quad (10)$$

Parameter premis dan parameter konsekuen dihitung selama proses pelatihan.

2.7 Model Evaluation

Validasi pengembangan model prediksi dilakukan berdasarkan validasi internal (menggunakan *training set*) dan keseluruhan penilaian (menggunakan total *dataset*). Suatu model hanya dapat dianggap berkualitas tinggi jika hasil prediksi yang diperoleh baik, baik dalam validasi internal maupun eksternal (Zhang et al., 2023).

Adapun kriteria yang digunakan dalam pengujian validasi model prediksi pada penelitian ini menggunakan 5 parameter, yaitu:

- a. Koefisien korelasi (r), yang mengkuantifikasi tingkat korelasi antara nilai prediksi dan nilai terukur (Zhang et al., 2023).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)(Y_i^* - \bar{Y}_i^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2 \sum_{i=1}^n (Y_i^* - \bar{Y}_i^*)^2}} \quad (11)$$

Dimana:

Y_i = nilai prediksi

Y_i^* = nilai terukur/aktual

- b. Koefisien determinasi (R^2), yang mengukur kekuatan persamaan regresi, apakah model regresi yang ditentukan sudah mampu menggambarkan keadaan populasi yang sebenarnya (c).

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_i^*)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_m^*)^2} \right) \quad (12)$$

- c. *Mean Squared Error* (MSE), yang mengukur jarak perbedaan antara nilai prediksi dan nilai terukur (Jiang et al., 2024).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_i^*)^2 \quad (13)$$

- d. *Root Mean Square Error* (RMSE), yang mengukur *goodness-of-fit* berdasarkan hasil akar kuadrat perbedaan (*error*) antara nilai prediksi dan nilai terukur (Liemohn et al., 2021).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_i^*)^2} \quad (14)$$

- e. *Mean Absolute Percentage Errors* (MAPE), yaitu mengukur persentase kesalahan absolut berdasarkan selisih antara nilai prediksi dan nilai terukur (Venkatesan & Jerald, 2024).

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - Y_i^*|}{Y_i^*} \right) \times 100\% \quad (15)$$

Tingkat kesesuaian terbaik antara nilai prediksi dan nilai terukur akan ditentukan dari hasil kelima parameter dimana nilai r maupun R^2 berada pada rentang 0-1, apabila semakin mendekati nilai 1, maka menunjukkan kemampuan model prediksi yang sangat baik. Adapun sebaliknya dengan nilai MSE, RMSE, dan MAPE, karena mengukur tingkat *error*, maka semakin kecil nilai yang dihasilkan, maka semakin baik model prediksi yang telah ditetapkan (Çagıl et al., 2023).