Penerapan Logistic Regression Untuk Memprediksi Kualitas Sinyal Optik Menggunakan Data Parameter Jaringan Telekomunikasi

(*IMPLEMENTATION OF LOGISTIC REGRESSION TO PREDICT OPTICAL SIGNAL QUALITY USING TELECOMMUNICATION NETWORK PARAMETER DATA*)

1st Muhammad Naufal Hibatullah Jumarman
S1 Teknik Telekomunikasi
Telkom University
Bandung,Indonesia
njumarman@telkomuniversity.ac.id

2nd Dharu Arseno
S1 Teknik Telekomunikasi
Telkom University
Bandung,Indonesia
darseno@telkomuniversity.ac.id

line 1: 3rd Vinsensius Sigit Widhi Prabowo
S1 Teknik Telekomunikasi
Telkom University
Bandung,Indonesia
vinsensiusvsw @telkomuniversity.ac.id

***Abstrak*— Jaringan telekomunikasi optik memegang peranan penting dalam mendukung layanan komunikasi modern yang membutuhkan kecepatan dan keandalan tinggi. Penelitian ini bertujuan membangun model prediksi kualitas sinyal optik secara real-time menggunakan metode Logistic Regression. Model dikembangkan dengan memanfaatkan 20 parameter teknis. Data diperoleh dari platform Kaggle, kemudian diproses melalui tahapan pembersihan, normalisasi, serta pembagian dataset menjadi 80% data latih dan 20% data uji. Model regresi logistik menghasilkan nilai intercept -3,733 dengan koefisien tertinggi pada Optical Amplifier Gain (1,661), diikuti oleh Transmission Distance, PMD Coefficient, dan BER, yang masing-masing memiliki nilai di atas 1,3. Beberapa variabel seperti Fiber Attenuation dan Noise berpengaruh negatif terhadap kualitas sinyal. Nilai koefisien ini menunjukkan arah dan besar pengaruh tiap fitur terhadap probabilitas sinyal optik tergolong baik. Model menunjukkan tingkat akurasi 100% pada data uji, dengan seluruh prediksi sesuai nilai aktual. Model ini diimplementasikan dalam aplikasi desktop berbasis PyQt5, dilengkapi fitur input parameter teknis, normalisasi otomatis, prediksi, visualisasi hasil, dan ekspor data ke Excel. Logistic Regression terbukti efektif untuk prediksi kualitas sinyal optik dan mendukung pengambilan keputusan operasional secara efisien.**

Kata Kunci: **Jaringan Telekomunikasi Optik, Logistic Regression, PyQt5**

I. PENDAHULUAN

Jaringan telekomunikasi optik memiliki peran penting dalam mendukung infrastruktur komunikasi modern, terutama untuk memastikan kualitas layanan yang andal dan optimal. Seiring meningkatnya permintaan terhadap jaringan optik, diperlukan metode analisis yang mampu memprediksi dan mengoptimalkan kualitas sinyal dengan efisiensi tinggi. Salah satu tantangan utama dalam jaringan optik adalah mendeteksi dan memprediksi kualitas sinyal berdasarkan berbagai parameter teknis seperti SNR Receiver, BER Receiver, Fiber Attenuation, suhu, kelembapan, noise, dan interferensi [1]. Ketidakmampuan mendeteksi penurunan kualitas sinyal secara dini dapat menyebabkan gangguan layanan yang signifikan, khususnya pada aplikasi yang sangat bergantung pada kecepatan dan keandalan jaringan, seperti layanan cloud computing, komunikasi bisnis, dan streaming video[2]. Dalam upaya meningkatkan keandalan sistem, metode statistik dan machine learning mulai banyak diterapkan. Logistic Regression menjadi salah satu teknik yang dinilai efektif dalam klasifikasi biner dan analisis prediktif. Metode ini digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel independen dan dependen biner, sehingga dalam penelitian ini dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan kualitas sinyal optik ke dalam dua kategori, yaitu “baik” dan “buruk”, berdasarkan parameter teknis yang dikumpulkan. Logistic Regression dipilih karena keunggulannya dalam interpretasi yang lebih sederhana dibandingkan dengan algoritma machine learning yang kompleks, serta kemampuannya menghasilkan probabilitas prediksi yang mendukung pengambilan keputusan berbasis data [3].

Penelitian ini membangun model prediksi kualitas sinyal optik dengan memanfaatkan dataset OptiCom Signal Quality yang tersedia di Kaggle. Dataset tersebut terdiri dari 20 parameter teknis yang digunakan sebagai fitur dan satu target output, yaitu kualitas sinyal yang dikategorikan sebagai 1 (baik) atau 0 (buruk). Sebelum pemodelan, data melalui tahap preprocessing yang meliputi pembersihan, normalisasi, dan pembagian dataset menjadi data latih dan data uji dengan rasio 80:20. Model Logistic Regression kemudian dilatih dan divalidasi menggunakan teknik cross-validation untuk mencegah overfitting, serta dievaluasi dengan metrik akurasi, precision, recall, dan confusion matrix [4]. Hasilnya menunjukkan bahwa model mampu memprediksi kualitas sinyal dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Model prediktif yang telah dikembangkan kemudian diimplementasikan dalam bentuk aplikasi desktop berbasis Python menggunakan framework PyQt5. Aplikasi ini memungkinkan operator jaringan untuk memasukkan parameter teknis dan memperoleh hasil prediksi kualitas sinyal secara real-time. Selain itu, aplikasi dilengkapi dengan visualisasi data menggunakan Matplotlib untuk memudahkan pemahaman pengguna. Keberadaan aplikasi ini mempermudah operator jaringan dalam mendeteksi dini

potensi gangguan dan mengambil langkah korektif untuk menjaga keandalan layanan.

Dengan penelitian ini, diharapkan tercipta sistem prediksi kualitas sinyal optik yang praktis dan efisien, sehingga operator jaringan dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya serta memastikan layanan komunikasi yang stabil. Logistic Regression terbukti sebagai metode yang tepat untuk konteks ini karena interpretasi yang sederhana dan kecepatan prosesnya, menjadikannya solusi ideal bagi perusahaan telekomunikasi yang memiliki keterbatasan sumber daya komputasi.

II. KAJIAN TEORI

2.1 Parameter Kualitas Sinyal Optik

Kualitas sinyal optik sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter teknis yang menentukan performa transmisi data melalui jaringan serat optik. Parameter utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Tx (Transmitter Power) yang menunjukkan daya keluaran pemancar optik dalam dBm dan memengaruhi jarak serta kualitas sinyal, serta Rx (Receiver Power) yang merepresentasikan daya optik yang diterima setelah melalui jalur transmisi. Parameter lain seperti SNR Receiver dan SNR Stages menggambarkan perbandingan daya sinyal terhadap noise di berbagai tahap transmisi; semakin tinggi nilai SNR, semakin baik kualitas sinyal. BER (Bit Error Rate) baik pada receiver maupun lingkungan eksternal juga digunakan sebagai indikator kesalahan bit dalam transmisi. Selain itu, faktor-faktor seperti Modulation Depth, Transmission Distance, Fiber Attenuation, dan Splice Losses turut memengaruhi degradasi sinyal. Lingkungan eksternal, seperti Temperature dan Humidity, dapat menyebabkan perubahan karakteristik fisik serat optik, yang meningkatkan redaman (attenuation) atau gangguan lainnya. Parameter Noise dan Interference juga sangat berpengaruh terhadap stabilitas transmisi optik. Seluruh parameter ini diproses melalui metode Logistic Regression untuk memprediksi Signal Quality dalam dua kategori, yakni “baik” atau “buruk”, yang membantu operator jaringan mengambil tindakan preventif secara cepat dan efisien [5].

2.2 Metode Logistic Regression

Logistic regression adalah metode statistik untuk klasifikasi biner, seperti memprediksi kualitas sinyal optik “baik” atau “buruk” berdasarkan parameter teknis (SNR, BER, atenuasi serat, suhu, kelembapan, noise, dan interferensi). Model ini memetakan hubungan variabel independen dengan probabilitas hasil menggunakan fungsi sigmoid:

$$P(Y = 1|X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\cdots+\beta_n X_n)}} \quad (1)$$

Koefisien diestimasi dengan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), sedangkan performa model dinilai melalui akurasi, precision, recall, dan AUC. Logistic regression unggul karena interpretasi hasilnya jelas, sederhana, dan efisien untuk dataset kecil hingga menengah, meskipun kurang optimal untuk data dengan hubungan non-linear dan sensitif terhadap outlier. Dengan kelebihan ini, metode ini efektif membantu operator jaringan memprediksi dan mencegah gangguan kualitas layanan secara dini [6].

2.3 Evaluasi Prediksi

Evaluasi model prediksi dilakukan untuk memastikan performa Logistic Regression dalam mengklasifikasikan kualitas sinyal optik. Metode evaluasi yang digunakan meliputi akurasi, precision, recall, F1-score, confusion matrix, dan cross-validation. Akurasi mengukur proporsi prediksi benar, sedangkan precision dan recall memberikan analisis lebih rinci pada data tidak seimbang. F1-score digunakan untuk menyeimbangkan precision dan recall. Confusion matrix memberikan gambaran kesalahan prediksi (TP, TN, FP, FN) dan menghitung metrik tambahan seperti specificity dan misclassification rate. Selain itu, k-fold cross-validation diterapkan untuk mengevaluasi kestabilan model dengan membagi dataset menjadi beberapa bagian agar hasil lebih andal dan terhindar dari overfitting. Kombinasi metrik ini memastikan model yang dibangun akurat, robust, dan siap diimplementasikan untuk memprediksi kualitas sinyal optik secara efektif.

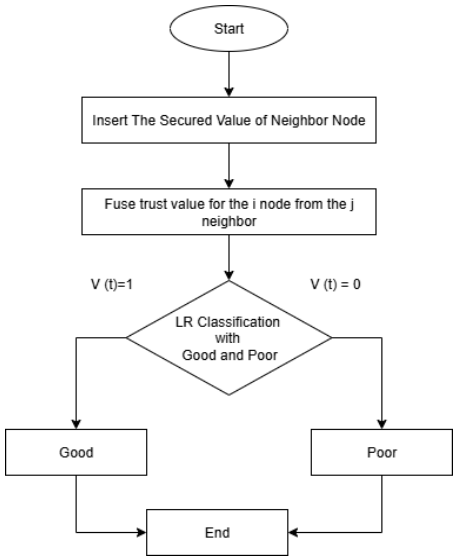
2.4 Penggunaan PyQt5

PyQt5 adalah framework GUI Python yang digunakan untuk membangun aplikasi desktop interaktif lintas platform. Dalam penelitian ini, PyQt5 memfasilitasi perancangan antarmuka, integrasi model Logistic Regression, dan visualisasi hasil prediksi kualitas sinyal optik. Aplikasi memungkinkan input parameter jaringan seperti SNR, BER, dan suhu, serta menampilkan prediksi secara dinamis. Dukungan multithreading membuat aplikasi tetap responsif saat memproses data, sehingga menjadi alat yang efektif bagi operator untuk memantau kualitas sinyal secara real-time.

III. METODE

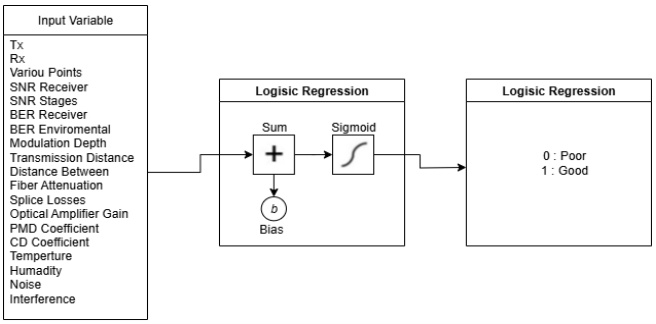
3.1.Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini bertujuan membangun model prediksi kualitas sinyal optik menggunakan metode Logistic Regression dan mengimplementasikannya dalam aplikasi desktop berbasis PyQt5. Dataset yang digunakan berasal dari Kaggle (*OptiCom Signal Quality Dataset*), berisi parameter teknis seperti SNR, BER, Fiber Attenuation, hingga Noise yang dianalisis untuk memprediksi kualitas sinyal (*Good/Poor*). Data diproses melalui tahapan *preprocessing* seperti feature selection, normalisasi, dan pembagian menjadi data latih (80%) dan data uji (20%). Model kemudian dilatih, diuji, dan diintegrasikan ke aplikasi desktop untuk klasifikasi sinyal, seperti ditunjukkan pada Gambar berikut.



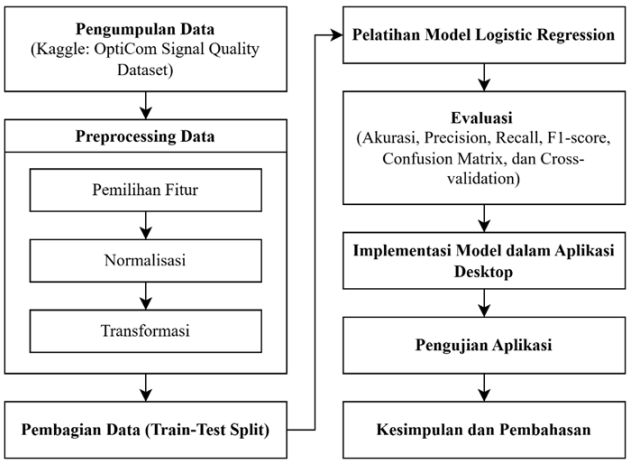
GAMBAR 1
Alur Penelitian Node : Good/Poor

Proses klasifikasi kualitas sistem dengan metode Logistic Regression, di mana berbagai parameter input seperti Tx, Rx, SNR, BER, dan lainnya diproses melalui fungsi sigmoid untuk menghasilkan output 0 (Poor) atau 1 (Good), seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.



GAMBAR 2
Alur Penentuan Kualitas Node dengan Logistic Regression

Setelah model dikembangkan dan dievaluasi, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikannya ke dalam aplikasi desktop berbasis PyQt5. Aplikasi ini memungkinkan pengguna memasukkan parameter jaringan secara manual dan memperoleh prediksi kualitas sinyal secara real-time. Model Logistic Regression yang telah dilatih disimpan dalam format *joblib* atau *pickle* agar dapat digunakan ulang tanpa pelatihan ulang. Antarmuka aplikasi dirancang menggunakan Qt Designer untuk memastikan kemudahan dan kenyamanan penggunaan. Diagram alur penelitian secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar berikut.



GAMBAR 3
Alur penelitian

3.2 Pembuatan Dataset

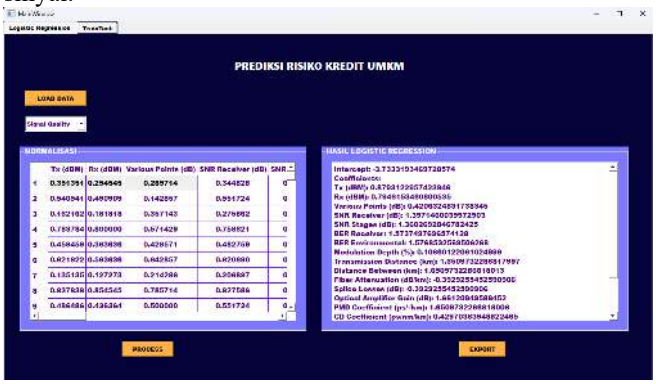
Pada saat menjalankan program, dibutuhkan data *input* dan *output* yang telah dinormalisasi. Pada penelitian ini menerapkan skenario yang terdiri dari pembagian data *training* 80% dan data *testing* 20%. Berikut pola data *training* dan *testing* yang digunakan pada penelitian:

Pola data training 80% dan testing 20% memiliki jumlah data latih sebanyak 468 baris data, di mana pada setiap barisnya terdiri dari 19 variabel input dan 1 variabel target. X1 merupakan variabel untuk Tx (dBm), X2 merupakan variabel untuk Rx (dBm), X3 merupakan variabel untuk *Various Points* (dB), X4 merupakan variabel untuk *SNR Receiver* (dB), X5 merupakan variabel untuk *SNR Stages* (dB), X6 merupakan variabel untuk *BER Receiver*, X7 merupakan variabel untuk *BER Environmental,* X8 merupakan variabel untuk *Modulation Depth* (%), X9 merupakan variabel untuk *Transmission Distance* (km), X10 merupakan variabel untuk *Distance Between* (km), X11 merupakan variabel untuk *Fiber Attenuation* (dB/km), X12 merupakan variabel untuk *Splice Losses* (dB), X13 merupakan variabel untuk *Optical Amplifier Gain* (dB), X14 merupakan variabel untuk *PMD Coefficient* (ps/√km), X15 merupakan variabel untuk *CD Coefficient* (ps/nm/km), X16 merupakan variabel untuk *Temperature* (°C), X17 merupakan variabel untuk *Humidity* (% RH), X18 merupakan variabel untuk *Noise* (dB), dan X19 merupakan variabel untuk *Interference.* Sementara itu, Y sebagai variabel target digunakan untuk menentukan nilai *Signal Quality (Good/Poor).*

3.3. Penerapan Metode Logistic Regression

Model Logistic Regression diterapkan untuk memprediksi kualitas sinyal optik berdasarkan data yang telah dinormalisasi, dengan 80% data digunakan untuk pelatihan (468 observasi) dan 20% untuk pengujian (117 observasi). Model menghasilkan intercept -3,733 yang menunjukkan peluang dasar sinyal berkualitas baik sangat kecil tanpa kontribusi variabel lain. Variabel dengan koefisien positif seperti Optical Amplifier Gain (1,66), Transmission Distance, PMD Coefficient, SNR, dan BER meningkatkan probabilitas sinyal baik, sedangkan variabel dengan koefisien negatif seperti Fiber Attenuation (-0,39), Splice Losses (-0,39), dan Noise (-0,09) menurunkan kualitas sinyal. Hasil ini menunjukkan bahwa penguatan optik, jarak transmisi, dan parameter SNR/BER memiliki pengaruh dominan,

sedangkan redaman dan noise cenderung mereduksi kualitas sinyal.



GAMBAR 4
Hasil Logistic Regression

3.4. Hasil Skenario

Penerapan Logistic Regression dengan skenario 80% data training dan 20% data testing berhasil memprediksi kualitas sinyal optik berdasarkan parameter teknis yang telah dinormalisasi ke skala 0–1. Normalisasi ini memastikan semua fitur seperti Tx, Rx, SNR, BER, dan lainnya memiliki skala seragam, sehingga model lebih stabil, akurat, dan konvergen cepat. Model menghasilkan intercept -3,733 dan koefisien positif pada variabel seperti Optical Amplifier Gain (1,66), Transmission Distance, PMD Coefficient, dan SNR, yang meningkatkan peluang sinyal berkualitas baik. Sebaliknya, koefisien negatif pada Fiber Attenuation (-0,39), Splice Losses (-0,39), dan Noise (-0,09) menunjukkan pengaruh penurunan kualitas. Implementasi model dalam antarmuka GUI memungkinkan pengguna melakukan prediksi, melihat koefisien variabel, dan memahami hasil dengan mudah dan interaktif. Seperti yang ditunjukan oleh Gambar berikut.

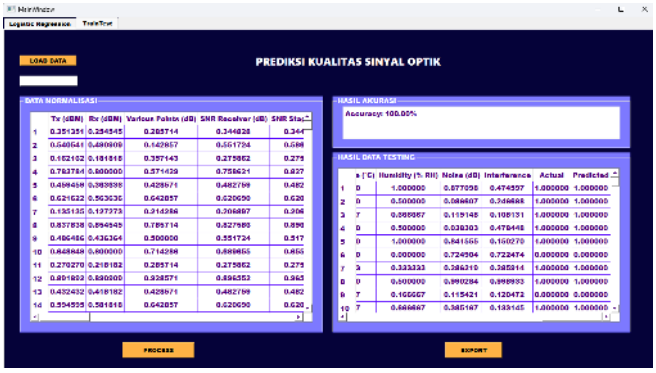
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Prediksi

Pada tab *TrainTest* aplikasi prediksi kualitas sinyal optik dengan metode Logistic Regression, ditampilkan hasil evaluasi model terhadap data uji (20% dari dataset). Tabel memuat data normalisasi parameter teknis seperti Tx, Rx, SNR, BER, Fiber Attenuation, dan lainnya yang telah diskalakan ke rentang 0–1 agar model memprosesnya secara proporsional. Kolom *Actual* menunjukkan label asli kualitas sinyal, sedangkan *Predicted* menampilkan hasil prediksi model. Seluruh prediksi identik dengan nilai aktual, menghasilkan akurasi 100%, yang menunjukkan kemampuan model dalam mengenali pola data dengan sangat baik.

GAMBAR 5
Hasil Akurasi

Berikut adalah tampilan dari tab *TrainTest* dalam aplikasi prediksi kualitas sinyal optik menggunakan metode *Logistic Regression,* ditampilkan evaluasi model terhadap data uji sebesar 20% dari total dataset, seperti yang ditunjukan oleh Gambar berikut.



GAMBAR 6
Hasil Prediksi Kualitas Sinyal Optik

Fitur *export* memungkinkan hasil prediksi dan model disimpan dalam format Excel (*.xlsx*) dengan dua *sheet*: *Data Normalisasi* dan *Hasil Regresi*. Sistem ini mendukung alur kerja operator jaringan melalui tombol *LOAD DATA*, *PROCESS*, dan *EXPORT*, sehingga memudahkan pemantauan kondisi sinyal, analisis cepat gangguan, dan optimasi jaringan optik. Implementasi ini membuktikan model tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga praktis untuk operasional di bidang telekomunikasi.

V. KESIMPULAN

Model prediksi kualitas sinyal optik berbasis Logistic Regression berhasil dibangun menggunakan 20 parameter input teknis yang dinormalisasi ke skala 0–1 untuk memastikan kontribusi fitur seimbang. Model dilatih dengan skenario 80% data latih dan 20% data uji, menghasilkan koefisien regresi dengan variabel paling signifikan seperti Optical Amplifier Gain (1,661), SNR Receiver (1,397), dan BER Environmental (1,577), serta variabel negatif seperti Fiber Attenuation (-0,393) dan Noise (-0,094) yang menurunkan kualitas sinyal. Evaluasi pada data uji menunjukkan akurasi 100%, di mana semua prediksi sesuai dengan label aktual, membuktikan kemampuan model mengenali pola dengan sangat baik. Model ini diimplementasikan dalam aplikasi desktop berbasis PyQt5 yang memfasilitasi proses input data, prediksi otomatis, hingga ekspor hasil dalam format Excel, sehingga mendukung pemantauan dan pengambilan keputusan cepat dalam operasional jaringan optik.

REFERENSI

[1] M. K. Nurwijaya, “Analisis Gangguan Dan Identifikasi Kabel Fiber Optic Menggunakan Otdr Di Otb Cirebon-Brebes R4,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, 2024.

[2] R. R. S. R. R. Srimurni, S. N. S. Nur, I. S. N. I. S. Nugroho, R. Rantiyo, M. L. G. M. L. Gozali, and M. R. M. Rafi, “ANALISIS JARINGAN AKSES OPTIK UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN BTS TELKOMSEL DI PT TELKOM WITEL BANDUNG,” *Teknol. Nusant.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2024.

[3] P. Schober and T. R. Vetter, “Logistic regression in medical research,” *Anesth. Analg.*, vol. 132, no. 2, pp. 365–366, 2021.

[4] N. O. R. K. C. PRATIWI, N. U. R. IBRAHIM, and S. SAIDAH, “Prediksi Kanker Paru Menggunakan Grid Search Untuk Optimasi Hyperparameter Pada Algoritma Mlp

Dan Logistic Regression," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 12, no. 3, p. 556, 2024.

[5] Y. Xie, Z. Yang, M. Shi, W. Hu, and L. Yi, "Signal-to-noise ratio degradation analysis for optoelectronic feedback-based chaotic optical communication systems," *Opt. Lett.*, vol. 48, no. 19, pp. 5005–5008, 2023.

[6] T. Kullolli, B. Trebicka, and S. Fortuzi, "Understanding customer satisfaction factors: A logistic regression analysis," *J. Bus. Res.*, vol. 12, no. 2, pp. 218–231, 2024.