

IMPLEMENTASI ALGORITMA PROPHET UNTUK PREDIKSI PERTUMBUHAN PELANGGAN DALAM PENENTUAN WILAYAH EKSPANSI JARINGAN

Angga Kurniawan, Moh. Muhtarom, Joni Maulindar

Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa
Jalan Bhayangkara No.55 Tipe Kota Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia
220103205@mhs.udb.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pertumbuhan pelanggan *Internet Service Provider* (ISP) yang berfluktuasi sehingga menuntut perencanaan infrastruktur jaringan yang presisi. PT Lingkar Kabel Telekomunikasi (MaxNetPlus) masih mengandalkan observasi manual dalam menentukan titik ekspansi, akibatnya memicu ketidakseimbangan rantai pasok material dan penumpukan daftar tunggu (*waiting list*) instalasi sebesar 10% hingga 20%. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan algoritma Prophet untuk memprediksi tren pertumbuhan pelanggan sebagai dasar penentuan wilayah prioritas ekspansi jaringan. Metode pengembangan sistem menggunakan pendekatan *Rapid Application Development* (RAD) dengan tahapan perencanaan kebutuhan, desain sistem, pembangunan aplikasi, dan pengujian. Proses penerapan algoritma meliputi pengumpulan data historis pelanggan, preprocessing data menggunakan persentil ke-95 untuk menangani outlier, pelatihan model Prophet, evaluasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil pengujian pada dataset historis wilayah Pajang menghasilkan nilai MAPE sebesar 24,71% dengan proyeksi 248 pelanggan baru dalam enam bulan ke depan. Hasil prediksi diintegrasikan ke dalam *dashboard* Sistem Pendukung Keputusan berbasis *web* menggunakan Streamlit untuk memvisualisasikan prioritas wilayah serta mengkalkulasi estimasi kebutuhan logistik perangkat jaringan secara otomatis dan berbasis data.

Kata kunci : Algoritma Prophet, Ekspansi Jaringan, RAD, Prediksi Time-Series, Prapemrosesan Data, Sistem Pendukung Keputusan.

1. PENDAHULUAN

Akselerasi penggunaan internet di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir telah menciptakan peta persaingan yang ketat di industri penyedia layanan internet (*Internet Service Provider/ISP*). Merujuk pada laporan survei APJII terbaru [1], tingkat penetrasi internet nasional yang terus melonjak merupakan sinyal kuat bagi para pelaku industri untuk terus melakukan ekspansi infrastruktur. Bagi ISP berskala menengah seperti PT Lingkar Kabel Telekomunikasi (MaxNetPlus) yang beroperasi di wilayah Surakarta dan sekitarnya, momentum ini adalah peluang sekaligus tantangan besar. Kendala utama yang muncul di lapangan adalah sulitnya menentukan koordinat ekspansi wilayah secara presisi jika hanya bersandar pada data yang tidak terstruktur.

Selama ini, manajemen PT MaxNetPlus masih mengandalkan mekanisme konvensional dalam membaca potensi pasar, yakni melalui pengamatan tren tahunan secara manual dan laporan subjektif dari staf lapangan. Pola pengambilan keputusan strategis yang minim landasan data empiris ini mengandung risiko ketidakpastian yang tinggi dan berpotensi memicu inefisiensi. Penerapan model peramalan (*forecasting*) berbasis *Machine Learning* telah terbukti mampu memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung strategi pengambilan keputusan perusahaan dan mengoptimalkan kapasitas operasional [2]. Dampak nyata dari peramalan manual ini telah terlihat pada fluktuasi operasional perusahaan, yang mengakibatkan terjadinya penumpukan daftar tunggu (*waiting list*) calon

pelanggan hingga kisaran 10% hingga 20% di area-area tertentu. Ketidakseimbangan alokasi sumber daya ini menegaskan bahwa metode perkiraan konvensional sudah tidak lagi relevan.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan sebuah sistem prediksi cerdas yang mampu mentransformasi data historis menjadi proyeksi pertumbuhan pelanggan di masa depan. Kerangka kerja peramalan ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan mengimplementasikan algoritma Prophet. Pemilihan Prophet didasari oleh ketangguhannya dalam menangani data *time-series* yang memiliki pola musiman serta kemampuannya secara otomatis mengabaikan anomali data ekstrem (*outlier*). Keunggulan algoritma Prophet dalam menghasilkan tingkat akurasi (MAPE) yang lebih unggul dibandingkan metode klasik pada data riil yang sangat fluktuatif juga telah dibuktikan dalam berbagai riset komputasi terkini [3]. Hasil proyeksi prediksi tersebut kemudian divisualisasikan melalui *dashboard* interaktif, sehingga pihak manajemen memiliki pijakan yang solid. Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma Prophet guna memprediksi tren pertumbuhan pelanggan, yang luaran akhirnya akan digunakan sebagai instrumen pendukung keputusan berbasis data (*data-driven*) dalam menentukan wilayah prioritas ekspansi jaringan secara terukur dan presisi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kajian terhadap penelitian terdahulu merupakan fondasi penting untuk memetakan perkembangan teknologi terkini dan memastikan orisinalitas karya. Dalam konteks pengembangan sistem prediksi pertumbuhan pelanggan di PT MaxNetPlus, penelitian ini mengkaji beberapa literatur terdahulu yang relevan dengan penerapan algoritma prophet guna menemukan celah (*research gap*) yang perlu disempurnakan.

2.1. Penelitian Terdahulu

Kajian terhadap penelitian terdahulu merupakan fondasi penting untuk memetakan perkembangan teknologi terkini dan memastikan orisinalitas karya. Dalam konteks pengembangan sistem prediksi pertumbuhan pelanggan di PT MaxNetPlus, penelitian ini mengkaji beberapa literatur relevan mengenai implementasi algoritma prophet guna untuk mengidentifikasi celah riset (*research gap*) yang dapat disempurnakan.

Penelitian pertama yang menjadi acuan adalah studi mengenai peramalan fluktuasi pergerakan manusia, di mana algoritma Prophet dimanfaatkan untuk memproyeksikan jumlah penumpang harian [4]. Riset tersebut membuktikan bahwa Prophet memiliki tingkat adaptabilitas yang tinggi dalam mengurai tren pertumbuhan historis serta menangani hari libur (*holiday effects*) secara akurat. Namun, kelemahan mendasar dari penelitian tersebut terletak pada batasan implementasinya. Evaluasi performa model hanya terbatas pada perhitungan galat di lingkungan pengembangan lokal (*scripting console*) dan belum menyentuh ranah antarmuka interaktif yang dapat langsung dioperasikan oleh pengguna akhir.

Selanjutnya, penelitian kedua menitikberatkan pada penerapan Prophet untuk meramalkan jumlah kunjungan manusia secara musiman, secara khusus mengkomparasikannya dengan model SARIMA dalam memprediksi lonjakan kunjungan [5]. Kesimpulan dari studi ini menegaskan keunggulan algoritma dalam memetakan siklus musiman (*seasonality*) secara presisi. Serupa dengan kajian pertama, pendekatan yang dilakukan masih berfokus pada analisis matematis murni untuk mencari nilai kesalahan (Error) tanpa menghasilkan luaran berupa sistem perangkat lunak yang fungsional.

Pada kajian ketiga, dilakukan studi komparatif antara metode statistik runtun waktu klasik, SARIMAX, dengan *Machine Learning* Prophet untuk memprediksi fluktuasi harga dan ketersediaan komoditas di pasar [6]. Hasil uji komparasi menunjukkan bahwa kinerja Prophet secara konsisten lebih superior, mencatatkan nilai MAPE yang sangat rendah, dan menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tajam dibandingkan model SARIMAX tradisional yang lebih kaku terhadap anomali.

Berangkat dari dominasi pembuktian teoritis pada ketiga literatur tersebut, penelitian yang kami usulkan mengambil langkah yang lebih progresif. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada

pendekatan *end-to-end* di mana ketangguhan matematis algoritma Prophet dalam menangani anomali dan efek musiman diintegrasikan secara langsung ke dalam wujud Sistem Pendukung Keputusan (DSS) interaktif berbasis web menggunakan *framework* Streamlit. Melalui penerapan metode perancangan *Rapid Application Development* (RAD), sistem ini tidak hanya menyajikan validasi akurasi metrik di atas kertas, tetapi juga memvisualisasikan proyeksi kebutuhan logistik ekspansi jaringan telekomunikasi guna menjawab kendala inefisiensi operasional secara nyata di lapangan.

2.2. Konsep Sistem Dan Rancang Bangun

Secara fundamental, sistem dipahami sebagai integritas dari berbagai elemen atau komponen yang saling berinteraksi secara terkoordinasi demi mencapai objektif tertentu dalam sebuah instansi [7]. Dalam lingkup penelitian ini, sistem diwujudkan sebagai perangkat lunak cerdas yang bertugas mengolah rekam jejak data historis pelanggan untuk menghasilkan proyeksi tren pertumbuhan di berbagai area ekspansi jaringan. Adapun proses rancang bangun sistem dilakukan secara bertahap, dimulai dari analisis kebutuhan manajerial PT MaxNetPlus untuk menentukan kebutuhan data dan fitur sistem. Tahap selanjutnya meliputi pengumpulan data historis pelanggan, preprocessing data untuk menangani outlier, implementasi algoritma Prophet dalam proses forecasting, evaluasi model menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE), hingga integrasi hasil prediksi ke dalam dashboard berbasis Python dan Streamlit. Pada tahap akhir dilakukan pengujian sistem untuk memastikan seluruh fitur dan proses prediksi berjalan sesuai kebutuhan pengguna.

2.3. Peramalan Dan Evaluasi Model

Analisis data deret waktu (*time-series*) memegang peranan krusial dalam domain telekomunikasi untuk mengamati pola tren dan siklus musiman dari waktu ke waktu. Data rekapitulasi penambahan pelanggan bulanan di PT MaxNetPlus merupakan bentuk observasi kuantitatif yang diolah untuk menemukan pola pertumbuhan di masa depan. Sebagai instrumen peramalan, penelitian ini menggunakan algoritma Prophet. Berdasarkan kajian evaluasi kinerja algoritma terkini, Prophet yang diinisiasi oleh tim *Data Science* Facebook ini terbukti sangat superior dalam menangani data yang memiliki pola musiman kuat serta tetap tangguh menghadapi nilai yang hilang (*missing values*) maupun lonjakan data ekstrem (*outliers*) [8].

Untuk menjamin validitas hasil prediksi, performa model dievaluasi menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Metrik ini menghitung selisih mutlak antara nilai aktual dengan nilai prediksi dalam bentuk persentase. Dalam konteks pengambilan keputusan bisnis, nilai MAPE yang rendah menjadi indikator bahwa model memiliki

tingkat akurasi yang tinggi dalam membaca dinamika pendaftaran pelanggan di lapangan.

2.4. Teknologi Pengembangan Sistem

Efisiensi pengembangan sistem dalam penelitian ini didukung oleh penggunaan bahasa pemrograman Python dan kerangka kerja Streamlit. Python dipilih karena dominasinya dalam ekosistem *Data Science* dan *Machine Learning*, serta didukung oleh pustaka (*library*) komputasi seperti Pandas dan Prophet yang memungkinkan keseluruhan proses, mulai dari prapemrosesan data (*preprocessing*) hingga pelatihan model, dapat dilakukan secara terintegrasi [9].

Dalam mentransformasikan hasil kalkulasi matematis tersebut menjadi alat bantu keputusan yang aksesibel bagi pihak manajemen, digunakan *framework* Streamlit. Teknologi ini memungkinkan pembangunan aplikasi web interaktif tanpa memerlukan penulisan kode *front-end* yang kompleks [10]. Implementasi Streamlit dalam sistem ini berfungsi sebagai antarmuka visual untuk menyajikan grafik proyeksi pertumbuhan, metrik evaluasi model, serta tabel estimasi kebutuhan logistik jaringan, sehingga proses penentuan wilayah ekspansi dapat dilakukan secara lebih terukur dan intuitif.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pengembangan Sistem

Kerangka kerja yang diadopsi dalam perancangan sistem prediksi ini adalah *Rapid Application Development* (RAD). Pendekatan ini dipilih secara spesifik untuk merespons kebutuhan PT MaxNetPlus akan solusi perangkat lunak yang adaptif, di mana siklus pengembangannya berjalan singkat, iteratif, dan selalu melibatkan umpan balik langsung dari pihak manajemen. Penerapan metode RAD dalam penelitian ini dieksekusi melalui tiga fase utama yang saling berkesinambungan:

a. Perencanaan Kebutuhan

Tahap awal difokuskan pada identifikasi kebutuhan sistem melalui diskusi mendalam antara pengembang dan *stakeholder* di PT MaxNetPlus. Fokus utama pada fase ini adalah pengumpulan informasi teknis mengenai format dataset historis pelanggan untuk kebutuhan *training* model algoritma Prophet, menentukan spesifikasi visualisasi grafik peramalan, serta mengatur hak akses pengguna bagi pihak admin dan manajemen. Proses analisis ini dilakukan secara efisien guna memastikan setiap kebutuhan fungsional dapat dipahami secara akurat sejak awal pengembangan [11].

b. Desain Workshop

Fase kedua mencakup perancangan arsitektur antarmuka, alur kerja pemrosesan data, hingga desain visualisasi akhir. Kegiatan pada tahap ini meliputi penyusunan UI/UX *dashboard* analitik menggunakan pustaka python, perancangan modul pemuatan dataset (CSV/Excel), serta pemetaan skenario tampilan hasil *forecasting* agar tersaji

dalam bentuk grafik interaktif yang intuitif. Keterlibatan aktif pengguna dalam mengevaluasi setiap iterasi *prototype* pada tahap ini menjadi kunci utama agar komponen visual dapat disempurnakan sebelum melangkah pada tahap pengkodean [12].

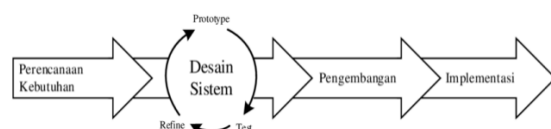
c. Pembangunan Sistem

Tahap konstruksi merupakan fase teknis di mana seluruh rancangan sistem dieksekusi menjadi baris kode program (*coding*) menggunakan bahasa pemrograman python. Proses ini meliputi penulisan skrip prapemrosesan data (*data preprocessing*), pembangunan inti model peramalan dengan *library* prophet, hingga pengembangan antarmuka web berbasis streamlit. Pembangunan dilakukan secara paralel dengan iterasi yang cepat agar fungsionalitas sistem dapat segera diuji kelayakannya secara teknis [13].

d. Implementasi dan Pengujian

Tahap akhir dilakukan dengan menguji kinerja sistem secara langsung menggunakan data operasional riil dari PT MaxNetPlus. Pengujian difokuskan pada dua aspek krusial pertama, evaluasi akurasi model *forecasting* algoritma Prophet menggunakan metrik statistik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Kedua, pengujian aspek fungsionalitas dan *usability dashboard* bersama pihak manajemen untuk memastikan sistem mudah dioperasikan. Proses pengujian ini dilakukan secara berulang setiap kali terdapat pembaruan *prototype* untuk menjaga standar kualitas luaran sistem [14].

Alur pengembangan sistem yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode RAD

3.2. Pengumpulan Dan Prapemrosesan Data

Tahap ini menjelaskan klasifikasi data serta mekanisme perolehannya guna mendukung akurasi pemodelan. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PT MaxNetPlus yang dikategorikan menjadi dua jenis:

a. Data Primer

Data diperoleh melalui observasi langsung terhadap alur kerja pencatatan pelanggan dan wawancara mendalam dengan pihak manajemen serta tim NOC (*Network Operations Center*). Hasil wawancara menetapkan parameter kebutuhan sistem, yaitu proyeksi jumlah pelanggan, estimasi kebutuhan perangkat ODP (kapasitas 8 port), dan panjang kabel *Drop Core*. Data utama berupa rekam jejak aktivasi pelanggan (kolom *installed_at* dan *wilayah*) diekstraksi langsung dari basis data operasional periode April 2021 hingga April 2026.

b. Data Sekunder

Mencakup studi dokumentasi internal perusahaan berupa laporan tahunan serta referensi ilmiah terkait algoritma prophet dan pengembangan *dashboard* analitik menggunakan Python. Referensi ini digunakan untuk menentukan standar evaluasi model dan parameter visualisasi pada *interface streamlit*.

Setelah data terkumpul dalam format *xlsx*, dilakukan tahap prapemrosesan (*preprocessing*) agar dataset mentah siap diolah oleh algoritma. Data difilter secara spesifik untuk wilayah pajang, kemudian dilakukan pembersihan nilai kosong dan transformasi menjadi format deret waktu (*time-series*) bulanan dengan variabel *ds* (tanggal) dan *y* (jumlah pelanggan). Berdasarkan hasil observasi lapangan, teridentifikasi adanya lonjakan pendaftaran yang tidak wajar pada bulan-bulan tertentu (seperti agustus dan februari) akibat program promosi. Untuk menjaga objektivitas model, diterapkan teknik netralisasi data menggunakan ambang batas persentil ke 95. Nilai yang melampaui ambang batas tersebut dianotasi sebagai fluktuasi sementara dan dinetralkan, sehingga model prophet dapat memproyeksikan tren pertumbuhan jangka panjang secara presisi tanpa terdistorsi oleh anomali data di lapangan.

3.3. Implementasi Algoritma Prophet

Setelah data melalui tahap prapemrosesan, dilakukan proses pemodelan menggunakan algoritma prophet. Tahap ini dimulai dengan membagi dataset menjadi dua bagian, yaitu data latih (*training set*) untuk membangun pola historis dan data uji (*testing set*) untuk mengevaluasi akurasi prediksi. Model dikonfigurasi menggunakan parameter musiman *multiplicative* untuk menyesuaikan dengan karakteristik pertumbuhan pelanggan ISP yang bersifat non linear dan dinamis. Agar mencapai performa yang optimal, dilakukan penyetelan *hyperparameter* pada komponen *changepoint prior scale* dan *seasonality prior scale* untuk mengontrol fleksibilitas model terhadap perubahan tren. Setelah model dilatih, sistem melakukan proyeksi pertumbuhan untuk cakupan waktu enam bulan ke depan. Hasil prediksi angka pelanggan baru tersebut kemudian diintegrasikan ke dalam logika bisnis perusahaan yang telah ditanamkan pada sistem untuk menghasilkan estimasi kebutuhan infrastruktur.

3.4. Evaluasi Model (MAPE)

Untuk mengetahui seberapa akurat hasil prediksi dari algoritma prophet, penelitian ini menggunakan metode pengujian *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Metode ini sengaja dipilih karena hasil akhirnya berupa persentase (%), sehingga jauh lebih praktis dan mudah dipahami oleh pihak manajemen perusahaan saat membaca *dashboard*. Secara sederhana, sistem kerja MAPE adalah membandingkan data asli dengan data hasil prediksi.

Sistem akan menghitung selisih antara jumlah pendaftaran pelanggan asli di lapangan dengan angka tebakan dari model AI. Selisih tersebut kemudian diubah menjadi persentase dan dihitung rata-ratanya menggunakan Persamaan :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\%$$

Keterangan:

n = jumlah bulan atau periode waktu yang diuji

A_t = jumlah pelanggan asli (aktual) pada bulan ke t

F_t = jumlah pelanggan hasil prediksi sistem pada bulan ke t

Semakin kecil angka persentase MAPE yang didapatkan, berarti tingkat kesalahan prediksi semakin rendah (sistem semakin akurat). Angka akurasi inilah yang akan menjadi patokan bagi manajemen PTMaxNetPlus. Jika tingkat kesalahannya kecil dan masuk dalam batas toleransi perusahaan, maka aplikasi web ini siap digunakan secara resmi untuk menentukan titik pembagian ODP dan penarikan kabel di wilayah ekspansi yang baru.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Rapid Application Development (RAD) pada penelitian ini diterapkan melalui tahap perencanaan kebutuhan, desain sistem, pembangunan aplikasi, dan pengujian. Tahap perencanaan dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan data pelanggan dan fitur sistem bersama pihak PT MaxNetPlus. Tahap desain meliputi perancangan alur *preprocessing* data dan visualisasi *forecasting* berbasis Streamlit. Selanjutnya dilakukan pembangunan sistem menggunakan algoritma Prophet untuk proses prediksi pertumbuhan pelanggan serta evaluasi model menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Tahap akhir dilakukan pengujian sistem menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai kebutuhan pengguna.

4.1. Gambaran Umum Data Dan Preprocessing Data

Dataset yang digunakan mencakup 3.343 record akuisisi pelanggan periode April 2021 hingga April 2026 (60 bulan). Setelah penyaringan berdasarkan kecukupan data historis minimal delapan bulan, terdapat empat wilayah yang memenuhi kriteria analisis seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Data Pelanggan Perwilayah Yang Dianalisis

Wilayah	Data	Total	Presentase Total	Status Data
Pajang	60 Bulan	1837	54,96	Memadai
Siwal	49 Bulan	583	17,44%	Memadai
Solo Baru	28 Bulan	183	5,47%	Memadai
Kartasura	42 Bulan	133	3,98%	Memadai
Total 4 Wilayah	-	2736	81,85%	-

Wilayah Pajang mendominasi dengan 1.837 pelanggan (54,96%) dan riwayat data terpanjang yaitu 60 bulan, menjadikannya wilayah paling ideal untuk pemodelan Prophet. Sisa 18,15% berasal dari wilayah lain seperti Dcozy, Oasis, dan Sarkem yang tidak memiliki data historis memadai dan tidak diikutsertakan dalam analisis. Preprocessing dilakukan dalam empat tahap :

- Agregasi data individual menjadi deret waktu bulanan berformat *ds* dan *y* sesuai konvensi Prophet.
- Penghapusan bulan berjalan (April 2026) yang belum lengkap.
- Outlier treatment menggunakan batas persentil ke-95 ($Q95 = 65$ pelanggan/bulan) di mana 3 bulan dengan lonjakan ekstrem digantikan NaN.
- Pembagian data secara kronologis 80:20 menjadi 48 bulan data latih dan 12 bulan data uji.

Dua periode promo tahunan MaxNetPlus diidentifikasi dari analisis pola musiman bulan Agustus (HUT RI) dan Februari (awal tahun) dan didefinisikan sebagai *holiday effect* dalam model dengan *lower_window* = 0 dan *upper_window* = 1, mencakup 10 event promo dari 2021 hingga 2026.

4.2. Hyperparameter Tuning (Grid Search)

Grid Search dilakukan untuk menemukan konfigurasi parameter Prophet secara sistematis, mengevaluasi 40 kombinasi yang terdiri dari :

- Lima nilai *changepoint_prior_scale* (CPS: 0,001; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5).
- Empat nilai *seasonality_prior_scale* (SPS: 0,01; 0,1; 1,0; 10,0).
- Holidays_prior_scale* = 0,01.
- Seasonality_mode* = *multiplicative*.

Tabel dibawah menyajikan parameter optimal yang diperoleh.

Tabel 2. Parameter Model Prophet Optimal Hasil Grid Search

Parameter	Nilai Optimal	Fungsi
changepoint_prior_scale	0.1	Fleksibilitas tren moderat tidak underfitting maupun overfitting terhadap perubahan tren jangka pendek
seasonality_prior_scale	0.1	Kekuatan musiman moderat cukup menangkap pola musiman tanpa mendominasi komponen tren
holidays_prior_scale	0.01	Nilai sangat kecil menstabilkan prediksi di bulan promo mencegah lonjakan tidak realistis
Seasonality_mode	multiplicative	Pola musiman bersifat proporsional terhadap besaran tren sesuai data pertumbuhan internet
MAPE Optimal (Pajang)	24.71%	Wilayah Pajang Kategori Cukup Akurat

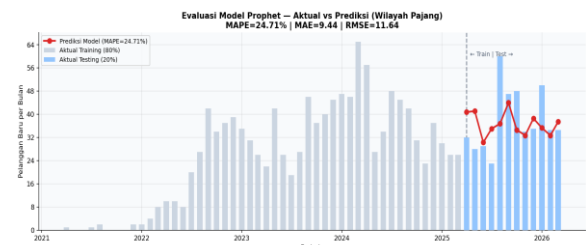
Nilai CPS = 0,1 menghasilkan tren yang cukup responsif terhadap perubahan tanpa *overfitting* pada fluktuasi jangka pendek. Nilai *holidays_prior_scale* = 0,01 yang kecil efektif mengontrol kontribusi promo agar tidak menghasilkan prediksi berlebihan pada bulan Agustus dan Februari. Mode *multiplicative* dipilih karena amplitudo variasi musiman bertumbuh seiring peningkatan tren, sesuai karakteristik data pertumbuhan pelanggan ISP.

4.3. Evaluasi Model

Evaluasi akurasi model dilakukan menggunakan metode hold out split dengan rasio 80% data untuk pelatihan (training) dan 20% data untuk pengujian (testing). Tiga metrik evaluasi dihitung secara bersamaan, MAPE (Mean Absolute Percentage Error) sebagai metrik utama, MAE (Mean Absolute Error), dan RMSE (Root Mean Squared Error) sebagai metrik pendukung. Formula MAPE yang digunakan mengikuti implementasi notebook, yaitu

$$MAPE = \text{mean} \left(\frac{|y_{\text{true}} - y_{\text{pred}}|}{\max(y_{\text{true}}, 1)} \right) \times 100\%$$

Sebagai denominator mencegah pembagian dengan nol dan menghasilkan nilai MAPE yang lebih stabil pada bulan-bulan dengan jumlah pelanggan sangat sedikit.



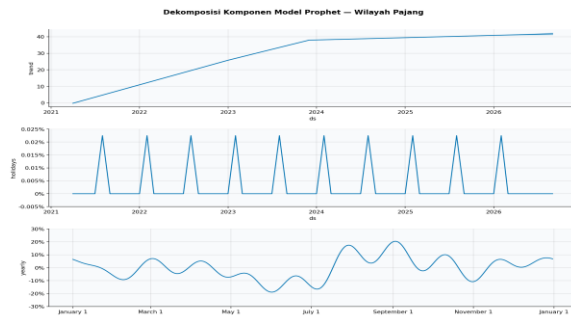
Gambar 2. Evaluasi Model Prophet Aktual vs Prediksi (Hold-out 80:20) Wilayah Pajang

Gambar 2 menunjukkan bahwa model Prophet berhasil mengikuti pola data testing (batang biru) dengan prediksi (garis merah) yang cukup representatif. Nilai MAPE = 24.71%, MAE = 9.44, dan RMSE = 11.64 untuk wilayah pajang menunjukkan performa model yang Cukup Akurat sesuai dengan skala interpretasi MAPE yang lazim digunakan dalam penelitian time series.

Tabel 3. Rekapitulasi Evaluasi Model Prophet Semua Wilayah Target

Wilayah	Data	Mape	Mae	Rsme	Kategori
Pajang	59	24.71%	9.44	11.64	Cukup
Solo Baru	59	30.28%	3.17	4.21	Cukup
Kartasura	59	62.37%	4.05	5.12	Kurang
Siwal	59	77.89%	6.89	9.14	kurang
Rata - Rata	59	48.81%	5.89	7.53	Cukup akurat

Tabel 3 menyajikan hasil evaluasi komparatif keempat wilayah. Perbedaan MAPE antar wilayah dipengaruhi oleh volume dan konsistensi data historis wilayah Pajang dan Solo Baru memiliki pola lebih konsisten sehingga menghasilkan MAPE lebih rendah, sementara Siwal dan Kartasura menunjukkan fluktuasi tinggi relatif terhadap rata-rata bulannya.

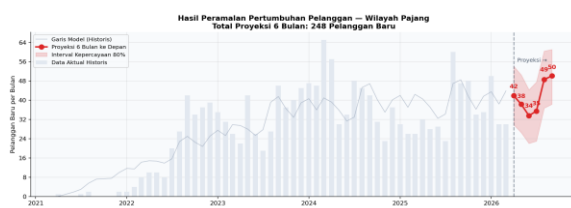


Gambar 3. Dekomposisi Komponen Model Prophet Tren, Musiman Tahunan, dan Holiday Effect (Pajang)

Gambar diatas menampilkan dekomposisi tiga komponen model Prophet wilayah Pajang. Komponen tren menunjukkan pertumbuhan positif konsisten sepanjang 2021–2026. Komponen musiman tahunan mengkonfirmasi puncak akuisisi pada Juli sampai September dan penurunan pada November sampai Januari. Komponen *holiday effect* menunjukkan dampak positif promo Agustus dan Februari yang berhasil ditangkap model.

4.4. Hasil Peramalan Dan Rekomendasi Ekspansi

Model final dilatih menggunakan seluruh 60 bulan data historis untuk menghasilkan proyeksi periode Mei–Oktober 2026. Gambar 4 menampilkan hasil peramalan wilayah Pajang beserta interval kepercayaan 80%, sementara Tabel 4 menyajikan angka proyeksi bulannya secara rinci.

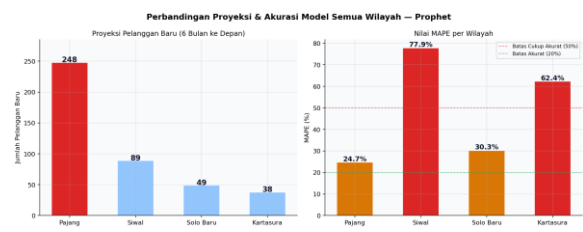


Gambar 4. Hasil Peramalan Pertumbuhan Pelanggan Baru Wilayah Pajang (Mei – Oktober 2026)

Tabel 4. Proyeksi Bulanan Pertumbuhan Pelanggan Wilayah Pajang

Bulan	Proyeksi (User)	Batas Bawah	Batas Atas
Mei 2026	42	28	56
Juni 2026	38	25	51
Juli 2026	34	21	47
Agustus 2026	35	23	47
September 2026	49	37	61
Oktober 2026	50	38	62
Total 6 Bulan	248 User	—	—

Proyeksi menunjukkan pola menurun moderat pada Juni sampai Juli akibat efek musiman, kemudian melonjak pada September (49 user) dan Oktober (50 user) yang dipengaruhi gabungan puncak musiman dan *holiday effect* promo HUT RI. Gambar 5 menampilkan perbandingan proyeksi dan akurasi model keempat wilayah secara bersamaan.



Gambar 5. Komparasi Proyeksi Pelanggan Baru Dan MAPE Model Semua Wilayah Target

Berdasarkan sistem klasifikasi prioritas yang diimplementasikan dalam *app.py*, wilayah Pajang ditetapkan sebagai prioritas tinggi dengan proyeksi 248 user dan estimasi logistik 31 titik ODP serta 37.200 meter kabel *drop core*. Wilayah Siwal (89 user) masuk Prioritas Sedang, sedangkan Solo Baru (49 user) dan Kartasura (38 user) berstatus monitoring. Total proyeksi keempat wilayah adalah 424 pelanggan baru dalam enam bulan ke depan.

4.5. Pengujian Sistem

Pengujian fungsionalitas sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing. Setiap fitur diuji berdasarkan pasangan input dan output yang diharapkan tanpa memeriksa kode internal. Pengujian mencakup seluruh fitur utama pada kedua role pengguna (Admin dan Manajemen).

Tabel 5. Hasil Pengujian Testing Sistem MaxNetPlus

Fitur yang diuji	Input uji	Hasil yang diharapkan	Status
Login admin	admin / admin123	Masuk ke Panel Admin (5 tab)	Berhasil
Login Manajemen	manajemen / maxnet2026	Masuk ke Dashboard (4 tab)	Berhasil
Login Gagal	Password salah	Tampil pesan error, tidak masuk	Berhasil
Upload .xlsx valid	File 3.343 record	Tervalidasi, preview tampil, bisa diaktifkan	Berhasil
Upload format salah	File .pdf	Ditolak, pesan error format muncul	Berhasil
EDA Otomatis (Admin)	Dataset aktif	4 grafik EDA + insight otomatis tampil	Berhasil
Pelatihan Model	Klik Jalankan Evaluasi	Tabel MAPE+MAE+RMSE + grafik komparasi tampil	Berhasil
Filter Dataset	Pilih Pajang + ACTIVE	Data terfilter 1.837 baris tampil	Berhasil

Fitur yang diuji	Input uji	Hasil yang diharapkan	Status
Peta Strategis	Dashboard Manajemen dibuka	Peta Folium dengan 4 marker berwarna tampil	Berhasil
EDA Dashboard	Tab EDA & Insight dibuka	Grafik distribusi, musiman, tabel EDA tampil	Berhasil
Analisis Detail Pajang	Pilih Pajang, 6 bulan	Grafik evaluasi + forecast + anotasi nilai tampil	Berhasil
Estimasi Logistik	Wilayah Pajang, 248 User	31 ODP, 37.200 m kabel, Rp 24.800.000 tampil	Berhasil
Komponen Model	Tab Laporan dibuka	Grafik dekomposisi tren+musiman+holiday tampil	Berhasil
Unduh CSV Proyeksi	Klik tombol unduh	File CSV proyeksi wilayah terunduh	Berhasil
Ganti Password	Password baru 8 karakter	Password berhasil diperbarui	Berhasil

4.6. Pembahasan

Algoritma prophet terbukti mampu menangkap pola data time series pertumbuhan pelanggan ISP dengan baik. Nilai MAPE rata-rata seluruh wilayah sebesar 48.81% dengan nilai terbaik pada wilayah Pajang sebesar 24.71% (Cukup Akurat). Tingginya nilai MAPE pada Siwal (77.89%) dan Kartasura (62.37%) bukan semata-mata mencerminkan kelemahan model, melainkan juga menggambarkan karakteristik data pada wilayah tersebut yang memiliki fluktuasi tinggi dengan volume bulanan yang kecil, sehingga persentase kesalahan relatif menjadi lebih besar meski nilai absolut MAE kecil. Pendekatan dua modul (notebook + web app) yang diterapkan terbukti efektif dalam menjembatani proses riset dengan kebutuhan produksi. Parameter optimal yang ditemukan melalui Grid Search pada notebook berhasil diintegrasikan secara seamless ke dalam aplikasi web melalui konstanta BEST_PARAMS, memastikan konsistensi model antara lingkungan eksperimen dan lingkungan produksi.

Berdasarkan keseluruhan hasil implementasi, evaluasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa poin utama sebagai berikut.

- Sistem MaxNetPlus berhasil diimplementasikan sebagai aplikasi web interaktif dua-role (Admin dan Manajemen) dengan 9 tab fitur yang berjalan dengan tingkat keberhasilan 100% pada pengujian Black-Box.
- Integrasi antara notebook analisis dan aplikasi web berhasil diterapkan melalui penanaman parameter optimal hasil Grid Search (CPS=0.1, SPS=0.1, HPS=0.01, mode=multiplicative) secara konsisten pada file app.py.
- Model Prophet menghasilkan MAPE terbaik 24.71% (Pajang), MAE=9.44, RMSE=11.64 dengan formula evaluasi $np.maximum(y_true, 1)$ yang lebih stabil dibandingkan implementasi konvensional.
- Sistem berhasil mengidentifikasi Pajang sebagai wilayah PRIORITAS TINGGI dengan proyeksi 248 pelanggan baru, diikuti Siwal (89 user, Prioritas Sedang), Solo Baru (49 user, Monitoring), dan Kartasura (38 user, Monitoring).
- Fitur EDA Otomatis yang baru ditambahkan memberikan insight musiman (puncak Agustus) yang secara langsung mendukung perencanaan strategis promo dan ekspansi jaringan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem prediksi pertumbuhan pelanggan berbasis algoritma Prophet untuk mendukung pengambilan keputusan ekspansi jaringan PT MaxNetPlus. Sistem dibangun menggunakan Python dan Streamlit dengan metode RAD, dilengkapi dua level akses (Admin dan Manajemen), serta seluruh 15 skenario pengujian *Black-Box Testing* berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Proses Grid Search terhadap 40 kombinasi hyperparameter menghasilkan parameter optimal dengan MAPE terbaik 24,71% pada wilayah Pajang, dikategorikan Cukup Akurat. Sistem mengidentifikasi Pajang sebagai wilayah Prioritas Tinggi dengan proyeksi 248 pelanggan baru dalam enam bulan ke depan, total seluruh wilayah 424 user, sehingga manajemen dapat mempersiapkan logistik infrastruktur secara lebih terencana dan objektif berbasis data.

Berdasarkan keterbatasan yang ditemukan selama proses penelitian dan implementasi sistem. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan :

Mengintegrasikan model prediksi *customer churn* agar manajemen dapat menghitung *net growth* yang lebih akurat. Mengganti mekanisme unggah file statis dengan koneksi basis data real-time (PostgreSQL/MySQL) ke sistem billing PT MaxNetPlus. Mengeksplorasi metode *hierarchical forecasting* atau *transfer learning* untuk meningkatkan akurasi pada wilayah dengan data terbatas seperti Siwal dan Kartasura. Melakukan *retraining* model secara berkala setiap tiga bulan agar proyeksi tetap relevan dengan kondisi pertumbuhan terkini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, "Survei Penetrasi & Perilaku Internet 2024," APJII. Available <https://survei.apjii.or.id/>.
- [2] A. F. Amelia, A. Eviyanti, I. R. I. Astutik, and Hindarto, "Implementasi Model Facebook Prophet Dalam Meramalkan Jumlah Pengunjung Wisata Edukasi," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 10, no. 2, 2026.
- [3] M.A.Nurramadhan, D. Priyanto, and N. Sulistianingsih, "Perbandingan Metode Prophet dan SARIMAX untuk Peramalan Harga Pangan di Lombok Barat," *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, vol. 4, no. 4, pp. 9439-9446, 2026.
- [4] M. I. Alfaridzi, R. Gunawan, H. Alfian, M. F. Mirano, H. Nazifah, S. Wahyuni, and K. S. Illahi,

- "Perbandingan model SARIMA dan Prophet dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia berdasarkan data deret waktu bulanan," *CoSciTech Jurnal Computer Science and Information Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 546-552, 2025.
- [5] F. B. Prakoso, G. Darmawan, and A. Bachrudin, "Penerapan Metode Facebook Prophet Untuk Meramalkan Jumlah Penumpang Trans Metro Bandung Koridor 1," *ARMADA: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, vol. 1, no. 3, pp. 133-147, 2023.
- [6] F. Oktavia and A. Witanti, "Implementasi Prophet Forecasting Model Dalam Prediksi Kualitas Udara Daerah Istimewa Yogyakarta," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 11, no. 1, pp. 64-74, 2024.
- [7] M. T. Hidayat and M. Sulistiyono, "Analisis Performa Algoritma XGBoost, GRU, dan Prophet dalam Peramalan Penjualan Obat untuk Optimasi Rantai Pasok Farmasi," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia (JPTI)*, vol. 5, no. 1, pp. 65-73, 2025.
- [8] F. Aditya and Safrizal, "Analisa Perbandingan Metode SARIMAX dan Prophet Dalam Prediksi Kebutuhan Beras," *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 6, no. 6, pp. 652-660, 2025.
- [9] S. Pangestu, A. Febrian, and Y. Cahyan, "Penerapan Model Prophet Untuk Peramalan Jumlah Dokter Umum Di Kota Bandung," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 10, no. 1, pp. 439-446, 2026.
- [10] A. F. Amanda, M. F. Afrizal, and Y. Sugiarti, "Penerapan Metode Rapid Application Development (RAD) dalam Pelatihan Pembuatan Aplikasi Sederhana," *Journal of Computer Science Contributions (JUCOSCO)*, vol. 4, no. 2, pp. 109-118, 2024.
- [11] F. Ahmad, V. N. Sari, and T. Sutabri, "Pengembangan Sistem Informasi E-Permit Menggunakan Metode Rapid Application Development Pada Polsek Semendawai Suku III," *Syntax Admiration*, vol. 5, no. 12, pp. 5508-5518, 2024.
- [12] M. Alda, N. Safitri, D. Alisya, A. C. Akbar, and D. A. Wardana, "Perancangan Sistem Informasi Rapor Digital Siswa Berbasis Mobile Menerapkan RAD," *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 6, no. 8, pp. 1434-1443, 2026.
- [13] B. B. Aryandra and A. C. Wardhana, "Perancangan Sistem Informasi Desa Wisata Berbasis Website Dengan Metode Rapid Application Development (RAD)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 4, pp. 5935-5943, 2024.
- [14] Sondang, "Penerapan Metode RAD Dalam Pengembangan Sistem Informasi Pemesanan Jasa Percetakan Berbasis Web pada Percetakan Karya Sehati Jaya," *Remik: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, vol. 8, no. 3, pp. 1-10, 2024.
- [15] H. J. Laia, C. A. Haryani, A. E. Widjaja, and E. Jobiliong, "Pengembangan Sistem Dashboard Analitik untuk Optimalisasi Monitoring dan Evaluasi RenStra dan RenOp di Institusi Pendidikan Tinggi," *Jurnal IKRAITH-ABDIMAS*, vol. 10, no. 1, pp. 1-8, 2026.