

ANALISIS PERENCANAAN PENAMBAHAN PEMBANGKIT TEGANGAN MENENGAH DI PT XYZ

ANALYSIS OF PLANNING FOR ADDITION OF MEDIUM VOLTAGE POWER PLANTS AT PT XYZ

¹Chanysia Feychin Romani*, ²I Made Aris Sastrawan

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

¹chanysia.fr@gmail.com, ²arissastra87@gmail.com

INFO ARTIKEL

Kata Kunci:

Double Exponential Smoothing, Kapasitas Pembangkit, MAPE, Peramalan Beban Puncak, Solver, Tegangan Menengah

Keywords:

Double Exponential Smoothing, Generation Capacity, MAPE, Peak Load Forecasting, Solver, Medium Voltage

ABSTRAK

Ketersediaan pasokan listrik yang andal dan mencukupi merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan aktivitas masyarakat. PT XYZ sebagai perusahaan negara yang bertanggung jawab atas penyediaan dan distribusi tenaga listrik di Indonesia, menghadapi tantangan dalam menjaga keseimbangan antara ketersediaan dan permintaan energi, termasuk di wilayah Bali. Seiring dengan meningkatnya konsumsi listrik, diperlukan perencanaan yang tepat dalam pengelolaan sistem kelistrikan, khususnya pada subsistem tegangan menengah. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan beban puncak tahun 2025 serta menganalisis kebutuhan penambahan kapasitas pembangkit di Sub Sistem Bali. Metode yang digunakan adalah *Double Exponential Smoothing* (DES), dengan optimasi parameter smoothing α dan β menggunakan fitur Solver pada Microsoft Excel untuk meningkatkan akurasi. Data yang digunakan berupa beban puncak bulanan tahun 2024. Hasil peramalan menunjukkan bahwa metode Solver menghasilkan proyeksi beban puncak sebesar 1.287 MW dengan nilai MAPE sebesar 1,50%, lebih akurat dibandingkan metode DES awal yang menghasilkan MAPE sebesar 5,91%. Sementara itu, kapasitas pembangkit yang tersedia saat itu sebesar 1.388 MW hanya menyisakan cadangan daya sebesar 101 MW, yang berada di bawah batas aman minimum 130 MW. Kondisi ini menunjukkan pentingnya penambahan pembangkit tegangan menengah untuk menjaga keandalan sistem kelistrikan di Bali dalam menghadapi potensi gangguan dan lonjakan beban di masa mendatang.

ABSTRACT

The availability of a reliable and sufficient electricity supply is a crucial factor in supporting economic growth and societal activities. PT XYZ, as the state-owned company responsible for electricity generation and distribution in Indonesia, faced challenges in maintaining the balance between electricity supply and demand, including in the Bali region. As electricity consumption continued to increase, proper planning was required for managing the power system, particularly in the medium-voltage subsystem. This study aimed to forecast the peak load for the year 2025 and analyze the need for additional generation capacity in the Bali Subsystem. The method employed was *Double Exponential Smoothing* (DES), with parameter optimization for α and β using the Solver feature in Microsoft Excel to enhance forecasting accuracy. The data used consisted of monthly peak load values from 2024. The forecasting results indicated that the Solver method produced a peak load estimate of 1,287 MW with a MAPE value of 1.50%, which was more accurate than the initial DES method that yielded a MAPE of 5.91%. Meanwhile, the current generation capacity of 1,388 MW leaves only a 101 MW reserve margin, which is below the minimum safety threshold of 130 MW. This condition highlighted the importance of adding medium-voltage generation capacity to maintain the reliability of the Bali power system in the face of potential disturbances and future demand increases.

*Corresponding author: chanysia.fr@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Energi adalah kebutuhan dasar manusia dan berperan penting dalam menunjang aktivitas sehari-hari. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan meningkatnya permintaan listrik dari konsumen menyebabkan kebutuhan

listrik terus meningkat[1]. Tersedianya tenaga listrik yang cukup, aman, andal, dan ramah lingkungan sangat penting dalam mendukung pembangunan pembangunan ekonomi[2]. Hampir seluruh aktivitas manusia bergantung pada energi listrik menjadikannya sebagai kebutuhan primer

ANALISIS PERENCANAAN PENAMBAHAN PEMBANGKIT TEGANGAN MENENGAH DI PT XYZ

yang terus bertambah sejalan dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas makhluk hidup[3].

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang kelistrikan adalah PT XYZ, perusahaan ini bertanggung jawab untuk memproduksi dan mendistribusikan listrik kepada masyarakat. Inti kegiatan bisnis PT XYZ berfokus pada penyediaan tenaga listrik, mencakup proses pembangkitan, transmisi, distribusi, perencanaan dan pembangunan infrastruktur kelistrikan, serta pengembangan dan penjualan energi listrik[4]. Tantangan utama yang dihadapi perusahaan adalah memastikan ketersediaan listrik tetap seimbang dengan lonjakan permintaan yang terjadi secara berkelanjutan[5]. Pada tahun 2024, beban puncak pada Sub Sistem Bali tercatat sebesar 1.186,8 MW yang terjadi pada tanggal 14 November 2024, sementara itu pasokan tenaga listrik di Sub Sistem Bali saat ini sebesar 1.388,05 MW dengan cadangan daya sebesar 201,27 MW atau sekitar 14,50%.

Tabel 1 Jumlah pelanggan tahun 2024

Bulan	Jumlah Pelanggan (Pelanggan)
Januari	1.708.676
Februari	1.714.516
Maret	1.721.963
April	1.728.642
Mei	1.737.447
Juni	1.745.251
Juli	1.753.953
Agustus	1.761.999
September	1.769.805
Oktober	1.779.014
November	1.788.376
Desember	1.796.683

Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah pelanggan yang terus meningkat setiap tahun. Kondisi ini diperkirakan akan mendorong peningkatan kebutuhan daya listrik di masa mendatang. Peningkatan ini tentunya berpengaruh terhadap beban puncak sehingga diperlukan perencanaan yang matang untuk menjaga keandalan pasokan listrik di Bali.

Gangguan listrik sekecil apa pun dapat mengganggu aktivitas masyarakat dan berdampak negatif terhadap stabilitas sosial dan ekonomi. Pemadaman listrik misalnya, dapat menghambat kegiatan usaha, layanan publik, serta mengurangi kenyamanan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari[2].

Perkembangan sektor ketenagalistrikan yang pesat memainkan peran penting dalam memajukan pertumbuhan perekonomian nasional, namun seiring meningkatnya aktivitas ekonomi kebutuhan akan tenaga listrik juga mengalami lonjakan yang signifikan. Apabila pasokan dan permintaan listrik tidak dikelola dengan baik dapat menghalangi pertumbuhan berbagai industri jika tidak direncanakan dengan baik. Pembangunan infrastruktur penyediaan tenaga listrik yang berkelanjutan diperlukan untuk menjamin keandalan sistem[4]. Kapasitas dan jenis pembangkit yang akan dikembangkan perlu disesuaikan dengan proyeksi beban dasar maupun beban puncak di masa depan[6]. Perencanaan penyediaan energi listrik yang bersifat strategis sangat penting dilakukan guna menjamin ketersediaan daya yang andal bagi konsumen di masa mendatang[5].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan penambahan pembangkit tegangan menengah di PT XYZ dengan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*.

Metode ini digunakan untuk meramalkan beban puncak berdasarkan data historis, sehingga dapat diketahui apakah penambahan kapasitas pembangkit perlu dilakukan guna mengantisipasi peningkatan permintaan listrik di masa mendatang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategis bagi PT XYZ dalam perencanaan penyediaan tenaga listrik yang andal dan berkelanjutan di wilayah Bali.

II. TINJAUAN LITERATUR

Sejumlah penelitian sebelumnya telah memanfaatkan metode *double exponential smoothing* dalam proses peramalan. Penelitian yang berjudul "Peramalan penjualan beras di Perum Bulog Sub Divre Medan menggunakan metode *double exponential smoothing*". Permasalahan yang dihadapi Perum Bulog adalah persediaan beras belum disesuaikan dengan permintaan pasar sehingga menimbulkan ketidakseimbangan. Dalam studi tersebut, diperoleh parameter α terbaik untuk meramalkan penjualan beras adalah sebesar 0,2, dengan tingkat akurasi yang ditunjukkan oleh nilai MAPE sebesar 0,27%. Hasil peramalan menunjukkan adanya tren penurunan penjualan beras di setiap bulan sepanjang tahun 2022[7]. Penelitian lain yang berjudul "Penerapan metode *double exponential smoothing* untuk memprediksi penjualan springbed di PT. Masindo Karya Prima" bertujuan untuk memperkirakan jumlah penjualan spring bed di masa depan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *double exponential smoothing* efektif dalam membantu manajemen menentukan kebutuhan stok penjualan spring bed berdasarkan masing-masing merek. Nilai α sebesar 0,5 menghasilkan tingkat kesalahan (MAPE) sebesar 15,07%. Dengan parameter tersebut, jumlah stok penjualan yang diprediksi adalah sebanyak 664 unit[8].

Penelitian ini didasarkan pada beberapa teori utama yang akan dijelaskan sebagai berikut.

A. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan jaringan terkoordinasi yang melibatkan berbagai elemen atas sejumlah elemen yang saling terhubung dan berfungsi bersama-sama guna memenuhi kebutuhan listrik konsumen sesuai dengan permintaan yang ada. Umumnya, sistem ini mencakup tiga bagian kunci dalam sistem tenaga listrik meliputi pembangkitan, penyaluran melalui jaringan transmisi, dan pendistribusian kepada konsumen. Dalam beberapa literatur, komponen gardu induk juga kerap dimasukkan sebagai bagian integral dari sistem tersebut[9].

B. Sistem Distribusi

Distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem ketenagalistrikan yang berperan dalam mengalirkan energi listrik dari sumber daya listrik utama. Tujuan utamanya adalah menyalurkan energi ke berbagai lokasi atau pelanggan serta menjadi subsistem yang berinteraksi langsung dengan pengguna akhir[10]. Dari sudut pandang teknis, sistem distribusi bekerja pada level tegangan menengah (TM) maupun tegangan rendah (TR), dan secara umum terbagi ke dalam dua tipe jalur utama :

1. Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Saluran distribusi pada tegangan menengah, yang juga disebut sebagai sistem distribusi primer, berperan dalam

menyalurkan energi listrik pada tingkat tegangan menengah. Jalur ini menghubungkan busbar tegangan menengah di gardu induk dengan sisi tegangan menengah transformator distribusi di gardu distribusi akhir, atau langsung menuju sisi tegangan menengah transformator milik pelanggan yang memerlukan suplai tegangan menengah.

2. Saluran Distribusi Tegangan Rendah

Saluran distribusi pada tegangan rendah, yang dikenal juga sebagai distribusi sekunder, berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dalam rentang tegangan rendah. Jalur distribusi ini mengalirkan daya dari sisi sekunder transformator distribusi hingga mencapai konsumen akhir yang paling jauh[6].

C. Peramalan

Peramalan berasal dari kata “ramalan” yang berarti prediksi terhadap sesuatu yang belum terjadi. Peramalan sendiri merupakan aktivitas atau proses untuk membuat prediksi tersebut[11]. Proses peramalan dilakukan dengan memperkirakan kejadian-kejadian di masa depan dari informasi historis, yang kemudian dijadikan landasan dalam proses pengambilan keputusan serta perencanaan strategis ke depan dengan merujuk pada pola atau tren data historis [12].

Tujuan dari peramalan adalah menghasilkan estimasi yang memiliki tingkat kesalahan serendah mungkin, yang biasanya dievaluasi menggunakan indikator seperti *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE), maupun ukuran lainnya yang sejenis. Metode peramalan ini bersifat kuantitatif dan didasarkan pada pendekatan objektif. Selain itu, metode ini menyediakan langkah-langkah sistematis dalam menyusun dan menyelesaikan permasalahan peramalan, sehingga penerapan pendekatan yang sama terhadap suatu masalah memungkinkan terciptanya kerangka pemikiran dan solusi yang seragam[13].

D. Metode Exponential Smoothing

Exponential smoothing adalah teknik peramalan yang dikembangkan dari konsep *moving average*. Metode ini melakukan perhitungan berulang menggunakan data historis, di mana data yang lebih baru memiliki bobot lebih besar karena dianggap lebih relevan dalam memproyeksikan kondisi mendatang. Terdapat tiga jenis utama dari metode ini, meliputi metode peramalan *exponential smoothing* satu tingkat, dua tingkat, dan tiga tingkat [14].

E. Metode Double Exponential Smoothing

Metode *double exponential smoothing* merupakan teknik peramalan yang bertujuan memprediksi nilai masa depan dengan mempertimbangkan pola tren. Terdapat dua jenis pendekatan dalam metode ini, yaitu metode *Brown* dan metode *Holt*. Pendekatan *Brown* menggunakan satu parameter untuk pemulusan[15]. Di sisi lain metode *Holt* memanfaatkan dua parameter, yakni α sebagai pemulus eksponensial dan β untuk pemulus komponen tren[16].

$$F_{t+1} = S_t + T_t \quad (1)$$

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3)$$

Keterangan :

S_t = nilai pemulusan eksponensial tunggal pada periode ke- t

S_{t-1} = nilai pemulusan eksponensial tunggal pada periode ke- $(t-1)$

X_t = data aktual *time series* periode ke- t

T_t = nilai trend periode ke- t

T_{t-1} = nilai tren periode ke- $(t-1)$

α = konstanta pemulusan ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β = konstanta pemulusan trend ($0 \leq \beta \leq 1$)

F_{t+1} = hasil prediksi untuk periode berikutnya

F. Akurasi Peramalan

Akurasi suatu metode peramalan menunjukkan seberapa baik metode tersebut dalam memprediksi nilai di masa mendatang secara tepat. Bagi pengguna hasil peramalan tingkat akurasi menjadi aspek yang sangat krusial. Tingkat keakuratan metode biasanya diukur melalui nilai kesalahan peramalan yang berfungsi sebagai indikator kinerja dan menjadi acuan dalam melakukan perbandingan antar metode [17]. Terdapat tiga metrik umum untuk mengukur tingkat akurasi peramalan, yaitu *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Squared Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)[18].

1. Mean Absolute Deviation (MAD)

Mean Absolute Deviation (MAD) merupakan salah satu ukuran statistik untuk menghitung rata-rata selisih absolut antara nilai aktual masing-masing data dengan nilai prediksi atau peramalan. Besarnya kesalahan dalam peramalan dapat dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD) yang diperoleh melalui perhitungan berdasarkan rumus berikut[19].

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - F_t|}{n} \quad (4)$$

Keterangan:

n = Jumlah observasi atau periode waktu.

X_t = Nilai aktual data periode t .

F_t = Nilai peramalan pada periode t .

2. Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) merupakan salah satu indikator yang umum digunakan dalam peramalan dan analisis statistik untuk menilai seberapa besar penyimpangan hasil peramalan atau model terhadap nilai aktual. Besarnya nilai kesalahan dengan pendekatan *Mean Squared Error* (MSE) diperoleh melalui perhitungan rumus MSE berikut[20].

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - F_t|^2}{n} \quad (5)$$

Keterangan:

n = Jumlah observasi atau periode waktu.

X_t = Nilai aktual data periode t .

F_t = Nilai peramalan pada periode t .

3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) salah satu indikator yang digunakan dalam evaluasi peramalan untuk mengukur tingkat perbedaan antara nilai prediksi dan nilai aktual, yang dinyatakan dalam bentuk persentase rata-rata. Semakin kecil nilai MAPE, maka akurasi hasil peramalan dianggap semakin tinggi, maka semakin tinggi tingkat akurasi hasil peramalan[21]. Klasifikasi nilai MAPE dapat diperoleh dari tabel yang disajikan di bawah ini.

ANALISIS PERENCANAAN PENAMBAHAN PEMBANGKIT TEGANGAN MENENGAH DI PT XYZ

Tabel 2 Kriteria MAPE

Nilai MAPE (dalam persen)	Kriteria
<10	Sangat Baik
10-20	Baik
20-50	Cukup
>50	Buruk

Penghitungan tingkat kesalahan berdasarkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dilakukan dengan rumus berikut ini[22].

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|X_t - Ft|}{X_t}}{n} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

n = Jumlah observasi atau periode waktu.

X_t = Nilai aktual data periode t .

F_t = Nilai peramalan pada periode t .

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif deskriptif dengan memanfaatkan data historis sebagai landasan analisis. Metode *Double Exponential Smoothing* digunakan untuk memproyeksikan beban puncak pada tahun 2025, yang didukung oleh pemrosesan data melalui perangkat lunak Microsoft Excel. dan optimasi parameter melalui fitur Solver.

Proses penelitian diawali dengan pengenalan terhadap topik dan pemahaman awal dari permasalahan melalui studi pendahuluan yang kemudian dilanjutkan dengan penetapan tujuan penelitian pada PT XYZ. Tujuan penelitian ditetapkan untuk meramalkan beban puncak di tahun 2025 serta menganalisis kebutuhan penambahan kapasitas pembangkit tegangan menengah di PT XYZ sebagai langkah antisipatif terhadap peningkatan permintaan listrik.

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang mencakup data historis tahun 2024 meliputi jumlah pelanggan, kapasitas pembangkit, dan beban puncak. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses peramalan dan analisis kebutuhan penambahan kapasitas pembangkit.

Tabel 3 Beban puncak tahun 2024

Bulan	Beban Puncak (MW)
Januari	1107
Februari	1105
Maret	1070
April	1054
Mei	1065
Juni	1031
Juli	993
Agustus	1021
September	1117
Oktober	1164
November	1187
Desember	1116

Tabel 3 menunjukkan data beban puncak pada tahun 2024 bahwa terjadi fluktuasi setiap bulan dengan nilai tertinggi pada bulan November sebesar 1187 MW serta nilai minimum terjadi pada bulan Juli dengan jumlah sebesar 993 MW. Data ini menunjukkan adanya fluktuasi, yang berarti beban listrik tidak konstan dan perlu analisis lebih lanjut untuk menentukan tren jangka panjang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini Menyajikan analisis yang meliputi proses peramalan beban puncak dengan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* serta optimasi parameter smoothing guna meningkatkan akurasi, serta evaluasi terhadap ketersediaan pasokan dan cadangan daya.

A. Peramalan dengan *Double Exponential Smoothing*
 Pada proses peramalan ini, nilai parameter α (alpha) dan β (beta) ditentukan untuk mengoptimalkan hasil prediksi. Dalam penelitian ini, digunakan nilai $\alpha = 0,9$ dan $\beta = 0,1$, yang mencerminkan bahwa model lebih sensitif dalam merespons perubahan data terkini dibandingkan pola jangka panjang. Metode ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *level* (St), *trend* (Tt), dan *forecast* (Ft), berikut adalah langkah-langkah perhitungannya.

1. Perhitungan *Level* Februari 2024

$$S_2 = (0.9 \times 1105) + (1 - 0.9) \times (0 + 0)$$

$$S_2 = 994,5 + 0.1 \times 0$$

$$S_2 = 994,5$$

2. Perhitungan *Trend* Maret 2024

$$T_3 = 0.1 \times (1161,9 - 994,5) + (1 - 0.1) \times 99,45$$

$$T_3 = (0.1 \times 167,4) + (0.9 \times 99,45)$$

$$T_3 = 16,74 + 89,505$$

$$T_3 = 106,245$$

3. Perhitungan Peramalan *Double Exponential Smoothing* Maret 2024

$$F_3 = 1161,9 + 106,245 = 1093,95$$

Perhitungan *level*, *trend*, dan *forecast* sudah dilakukan, langkah selanjutnya adalah menghitung *Absolute Percentage Error* (APE) di setiap periode. Berikut adalah langkah – langkah perhitungan *Absolute Percentage Error* (APE) yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan peramalan. APE dihitung dengan membandingkan selisih antara nilai aktual dan nilai peramalan terhadap nilai aktual.

$$APE \text{ Maret } 2024 = \frac{1070 - 1093,95}{1070} = 0,22$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata nilai *Absolute Percentage Error* (APE) dari seluruh periode yang kemudian disebut dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

$$MAPE =$$

$$\frac{0,02+0,20+0,20+0,22+0,21+0,11+0,02+0,05+0,07+0,17}{22} \times 100\%$$

$$= 5,91\%$$

Tabel 4 Hasil peramalan *double exponential smoothing*

Bulan	Beban Puncak (MW)	Level (St)	Trend (T)	Forecast	APE
Jan-24	1107				
Feb-24	1105	994,5	99,45		
Mar-24	1070	1161,9	106,24	1093,95	0,02
Apr-24	1054	1171,03	96,53	1268,14	0,20
Mei-24	1065	1172,13	86,99	1267,56	0,20
Jun-24	1031	1132,10	74,28	1259,12	0,22
Jul-24	993	1081,19	61,76	1206,39	0,21
Agus-24	1021	1088,78	56,35	1142,96	0,11
Sep-24	1117	1170,53	58,89	1145,14	0,02
Okt-24	1164	1223,54	58,30	1229,42	0,05
Nov-24	1187	1248,95	55,01	1281,84	0,07
Des-24	1116	1184,30	43,04	1303,97	0,17
Jan-25	1227	1266,09	46,92	1227,35	0
Feb-25	1313	1355,25	51,14	1313,02	0
Mar-25	1406	1452,42	55,74	1406,39	0
Apr-25	1508	1558,34	60,76	1508,17	0
Mei-25	1619	1673,79	66,23	1619,11	0
Jun-25	1740	1799,64	72,19	1740,03	0

Jul-25	1871	1936,81	78,69	1871,83	0
Agu-25	2015	2086,32	85,77	2015,50	0
Sep-25	2172	2249,30	93,49	2172,10	0
Okt-25	2342	2426,94	101,90	2342,79	0
Nov-25	2528	2620,56	111,08	2528,85	0
Des-25	2731	2831,62	121,07	2731,64	0
Rata-rata Beban Puncak Tahun 2025					1873,03

Tabel 4 menunjukkan hasil peramalan beban puncak Berdasarkan hasil peramalan dengan metode *Double Exponential Smoothing*, dapat disimpulkan adanya tren peningkatan beban puncak yang cukup signifikan antara tahun 2024 dan 2025. Beban puncak tertinggi pada tahun 2024 terjadi pada bulan November dengan nilai 1.187 MW, sedangkan hasil peramalan menunjukkan bahwa beban puncak pada Januari 2025 diperkirakan mencapai 1.227 MW dan kenaikan yang lebih besar terjadi pada paruh kedua tahun 2025, di mana beban puncak mulai melebihi 2.000 MW sejak Agustus dan terus meningkat hingga Desember 2025, mencapai 2.731 MW. Peningkatan ini terlihat dari nilai *Level (St)* dan *Trend (Tt)* yang terus bertambah setiap bulannya. Akurasi model peramalan pada tahun 2024 relatif kecil pada nilai *Absolute Percentage Error (APE)*. Rata-rata beban puncak yang diprediksi untuk tahun 2025 mencapai 1.873 MW, menunjukkan adanya pertumbuhan yang signifikan dibandingkan tahun sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* yang diperoleh adalah 5,91%. Nilai ini menunjukkan bahwa tingkat kesalahan rata-rata dalam peramalan beban puncak masih dalam batas yang dapat diterima.

B. Optimasi menggunakan Solver

Analisis selanjutnya menggunakan Solver untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan optimal. Dalam melakukan perhitungan menggunakan Solver di Excel, langkah-langkah optimasi parameter smoothing dengan nilai $\alpha = 0,96$ dan $\beta = 0,04$ dilakukan untuk meminimalkan kesalahan peramalan, seperti *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Solver akan mencari nilai optimal dari parameter tersebut dengan mempertimbangkan perbedaan antara hasil peramalan dan data aktual. Berikut adalah proses perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal menggunakan Solver.

1. Perhitungan *Level* Januari 2025

$$S_{13} = (0,96 \times 1129,47) + (1 - 0,96) \times (1124 + 5,18)$$

$$S_{13} = (1084,29) + (0,04 \times 1129,47)$$

$$S_{13} = 1084,29 + 45,17$$

$$S_{13} = 1134,46$$

2. Perhitungan *Trend* Januari 2025

$$T_{13} = 0,004 \times (1134,46 - 1124,28) + (1 - 0,004) \times 5,18$$

$$T_{13} = (0,004 \times 10,17) + (0,99 \times 5,18)$$

$$T_{13} = 0,040 + 5,16$$

$$T_{13} = 5,20$$

3. Perhitungan Peramalan Januari 2025

$$F_{13} = 1134,46 + 5,20 = 1129,47$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Absolute Percentage Error (APE)* digunakan sebagai indikator untuk menilai besarnya kesalahan dalam hasil

peramalan. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan APE berdasarkan data yang telah diperoleh.

$$APE \text{ Januari } 2025 = \frac{1129,47 - 1129,47}{1129,47} = 0$$

Nilai rata – rata untuk semua periode diperoleh melalui perhitungan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* melalui cara berikut.

$$MAPE = \frac{9,57+0,02+7,05+0,04+0,04+0,01+0,78+0,03+0,01+0,72}{22} \times 100\%$$

$$= 1,50\%$$

Tabel 5 Kapasitas dan cadangan daya tahun 2025

Bulan	Beban Puncak (MW)	Level (St)	Trend (T)	Forecast	APE
Jan-24	1107				
Feb-24	1105	1064,84	5,14		
Mar-24	1070	1074,95	5,16	1069,98	9,57
Apr-24	1054	1059,92	5,07	1080,12	0,02
Mei-24	1065	1069,88	5,09	1064,99	7,05
Jun-24	1031	1037,50	4,91	1074,98	0,04
Jul-24	993	999,53	4,70	1042,42	0,04
Agu-24	1021	1024,92	4,80	1004,23	0,01
Sep-24	1117	1118,45	5,23	1029,73	0,07
Okt-24	1164	1167,57	5,44	1123,69	0,03
Nov-24	1187	1191,74	5,53	1173,02	0,01
Des-24	1116	1124,28	5,18	1197,27	0,07
Jan-25	1227	1134,46	5,20	1129,47	0
Feb-25	1313	1144,69	5,22	1139,67	0
Mar-25	1406	1154,97	5,25	1149,92	0
Apr-25	1508	1165,29	5,28	1160,22	0
Mei-25	1619	1175,66	5,30	1170,57	0
Jun-25	1740	1186,08	5,33	1180,97	0
Jul-25	1871	1196,55	5,35	1191,41	0
Agu-25	2015	1207,06	5,38	1201,90	0
Sep-25	2172	1217,63	5,40	1212,44	0
Okt-25	2342	1228,24	5,43	1223,03	0
Nov-25	2528	1238,91	5,45	1233,67	0
Des-25	2731	1249,62	5,48	1244,36	0
Rata-rata Beban Puncak Tahun 2025					1287,13

Tabel 5 menunjukkan hasil peramalan setelah dioptimasi menggunakan Solver menunjukkan tren peningkatan yang stabil. Beban puncak diperkirakan mencapai 1129 MW pada Januari 2025 dan terus meningkat setiap bulan hingga mencapai 1244 MW pada Desember 2025. Rata-rata beban puncak yang diproyeksikan sebesar 1287 MW, ini menandakan adanya kenaikan yang cukup signifikan dibandingkan dengan tahun 2024. Nilai error APE (*Absolute Percentage Error*) lebih kecil dibandingkan peramalan awal, menandakan bahwa hasil peramalan cukup akurat terhadap data aktual. Evaluasi akurasi model dengan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* menunjukkan nilai sebesar 1,50%, yang berarti bahwa tingkat akurasi yang sangat baik. Hasil Solver diperoleh nilai parameter *smoothing* yang lebih optimal sehingga menghasilkan *forecast (MW)* yang memberikan tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Double Exponential Smoothing*.

C. Ketersediaan Pasokan dan Cadangan Daya Tahun 2025

Pasokan pembangkit pada tahun 2024 sebesar 1388 MW, sementara beban puncak yang diperkirakan mencapai 1287 MW. Mempertimbangkan cadangan daya (*Reserved Margin*) dan potensi gangguan pembangkit, dilakukan perhitungan untuk mengetahui kondisi cadangan daya. Berikut adalah langkah-langkah perhitungannya :

ANALISIS PERENCANAAN PENAMBAHAN PEMBANGKIT TEGANGAN MENENGAH DI PT XYZ

1. Cadangan Daya = $1388 - 1287 = 101$ MW
2. Cadangan dengan 1 Pembangkit = $101 - 130 = -29$ MW
3. Cadangan 2 Pembangkit = $101 - 130 - 130 = -159$ MW

Tabel 6 Kapasitas dan cadangan daya tahun 2025

Keterangan	Daya (MW)
Pasokan Pembangkit 2024	1388
Forecast Beban Puncak 2025	1287
Cadangan Daya	101
Cadangan n - 130	-29
Cadangan n - 130 -130	-159

Tabel 6 menunjukkan total pasokan pembangkit listrik tahun 2024 sebesar 1388 MW, sedangkan *forecast* beban puncak pada tahun 2025 mencapai 1287 MW. Terdapat *reserved margin* atau cadangan daya sebesar 101 MW, dimana hal ini tidak mencukupi untuk memastikan keandalan sistem kelistrikan, karena diperlukan minimal 130 MW sebagai cadangan daya, mengingat kapasitas pembangkit terbesar di Sub Sistem Bali sebesar itu. Apabila terjadi gangguan pada satu unit pembangkit sebesar 130 MW, maka cadangan daya akan berkurang menjadi -29 MW, yang berarti pasokan listrik tidak mencukupi dan terjadi kekurangan daya sebesar 29 MW. Kondisi ini akan semakin parah jika dua unit pembangkit mengalami gangguan sekaligus, karena kekurangan daya akan meningkat hingga -159 MW. Situasi ini menunjukkan bahwa dalam kondisi tertentu, listrik yang tersedia tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan puncak, sehingga berisiko terjadi pemadaman listrik. Solusi yang dapat diterapkan untuk mencegah hal tersebut adalah dengan menambah pembangkit tegangan menengah.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, metode Solver menghasilkan peramalan beban puncak tahun 2025 dengan tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan metode *Double Exponential Smoothing*, ditunjukkan oleh nilai MAPE yang lebih rendah sebesar 1,50% dibandingkan 5,91%. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan parameter smoothing yang optimal sangat berpengaruh terhadap akurasi peramalan. Perkiraan beban puncak sebesar 1.287 MW mendekati total kapasitas pasokan saat ini sebesar 1.388 MW, namun cadangan daya yang tersedia hanya 101 MW masih berada di bawah batas aman. Jika terjadi gangguan pada satu atau lebih pembangkit besar, sistem akan mengalami defisit daya yang berpotensi menyebabkan pemadaman. Penambahan pembangkit tegangan menengah perlu dipertimbangkan sebagai upaya menjaga keandalan sistem kelistrikan di Bali.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. Anshori, A. A. R., J. Teknik Elektro, and P. Negeri Ujung Pandang, "Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20 kV pada PT PLN (Persero) Rayon Daya dengan Metode Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)," 2020.
- [2] M. Fahriza, "Penambahan dan Pemasangan Jaringan Tegangan Menengah PT PLN (Persero) ULP P. Berandan," 2021.
- [3] R. Arianto, "Analisis Perencanaan Penambahan Penyulang Baru Distribusi Sebagai Solusi Penekanan Susut Teknis dengan Pertimbangan Aspek Kelayakan Ekonomis (Studi Kasus: PT PLN (Persero) UP3 Payakumbuh di ULP Lima Puluh Kota)," 2022.
- [4] S. Santoso, A. Nurzaki, A. Santoso, C. Benawan, and D. Wahyudin, "Kinerja PT PLN Unit Induk Distribusi Jakarta Raya dengan *Supply Chain Operation Reference*," vol. 8, no. 2, 2020.
- [5] A. Y. D. Rachman, D. Teknik Elektro, and M. Teknik Elektro, "Perencanaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV pada Kompleks Perkebunan AMP (Agra Masang Perkasa) Bawan Lubuk Basung Oleh," vol. 1, no. 2, 2012.
- [6] A. W. Hasanah, A. Makkulau, Z. F. Fadhilah, T. Elektro, S. Tinggi Teknik-PLN, and A. Com, "Perencanaan Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik di Pulau Jawa," *Jurnal Sutet*, vol. 5, no. 1, 2015.
- [7] S. Manullang and A. Mansyur, "Peramalan Penjualan Beras di Perum Bulog Sub Divre Medan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing," *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA)*, vol. 2, no. 1, pp. 26–36, Apr. 2023.
- [8] V. Tarigan, "Penerapan Metode Double Exponential Smoothing untuk Memprediksi Jumlah Penjualan Springbed di PT. Masindo Karya Prima," *JIP (Jurnal Informatika Polinema)*, vol. 9, no. 3, pp. 339–346, Mei 2023.
- [9] S. Suropto, Sistem Tenaga Listrik, *ELTEK*, vol. 11, pp. 1–293, 2017.
- [10] Suhadi et al., Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [11] R. A. Aswar, *Peramalan Penjualan Beras Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Pada Perum Bulog Divre Medan*, Skripsi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [12] A. E. Armi, A. H. Kusuma, and Z. Anwar, "Peramalan Angka Inflasi Kota Samarinda Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing (Studi Kasus: Badan Pusat Statistik Kota Samarinda)," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Mulawarman (Informatika Mulawarman)*, vol. 14, pp. 1–21, 2019.
- [13] A. Purwanto and S. Hanief, "Teknik Peramalan dengan Double Exponential Smoothing pada Distributor Gula," *Seminar Nasional Sistem Informasi*, Program Studi Sistem Informasi, STIKOM Bali, 2017.
- [14] W. A. Pratiwi and M. Marizal, "Penerapan Metode Eksponential Smoothing dalam Memprediksi Hasil Pencapaian Kinerja Pelayanan Perangkat Daerah Dinas Pendidikan Provinsi Riau," *Proceedings of the International Conference on Public Sector Studies (ICPSS)*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [15] R. Ariyanto, D. Prasetyo, and F. Eliza, "Penerapan Metode Double Exponential Smoothing pada

- Peramalan Produksi Tanaman Pangan,” *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 4, pp. 57–62, 2017.
- [16] C. A. Utama and S. Y. Wulandari, “Pengembangan Sistem Informasi Stok Barang dengan Peramalan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing (Studi Kasus: PT. Tomah Jaya Elektrikal),” *Jurnal Informatika Polinema*, pp. 143–157, 2016.
- [17] A. Fitriyani, M. U. M. Taufik, and D. Kurniawan, “Peramalan Jumlah Klaim di BPJS Kesehatan Cabang Metro Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing,” *Jurnal Siger Matematika*, vol. 3, pp. 17–22, 2022.
- [18] P. Huriati, A. Erianda, A. Alanda, D. Meidelfi, Rasyidah, D. Defni, and A. I. Suryani, “Implementation of the Moving Average Method for Forecasting Inventory in CV. Tre Jaya Perkasa,” *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 67–75, Aug. 2022.
- [19] A. Ari Bowo, W. Firmansyah, and F. D. Sari, “Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Utama Produksi Roti Menggunakan Metode Economic Order Quantity (Studi Kasus: Sari Madu Bakery Samarinda),” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 9, pp. 1–13, 2023.
- [20] W. Mulyana, A. Azmi, and M. Asnawi, “Penerapan Metode Single Exponential Smoothing untuk Prediksi Kasus Positif COVID-19 di Kabupaten Bengkalis,” *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 3, pp. 415–421, 2022.
- [21] C. D. Lewis, *Industrial and Business Forecasting Methods: A Practical Guide to Exponential Smoothing and Curve Fitting*, London: Butterworths, 1982.
- [22] I. F. Talia, I. F. Anshari, and Z. Arifin, “Peramalan Tingkat Kemiskinan Penduduk Provinsi Kalimantan Timur Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing,” in *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 4, 2019.