

ANALISIS PERAMALAN BEBAN LISTRIK PADA SISTEM INTERKONEKSI KALIMANTAN MENGGUNAKAN METODE EXPONENTIAL SMOOTHING

Wulan Akbarian Almira¹, Trinil Muktiningrum²

^{1,2} *Fakultas Teknik, Universitas Kahuripan Kediri*

E-mail: trinilmuktiningrum@kahuripan.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan kebutuhan energi listrik didorong oleh pertumbuhan ekonomi, sektor industri, dan penduduk seperti di wilayah Kalimantan timur, selaras dengan pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN). Sistem Interkoneksi Kalimantan, yang menghubungkan pasokan energi listrik antar wilayah, harus dijaga stabilitasnya untuk menghindari gangguan seperti penurunan frekuensi yang dapat menyebabkan pelepasan beban yang merugikan konsumen. Perencanaan sistem tenaga Listrik yang tepat diperlukan untuk menjaga keandalan sistem dan efisiensi produksi energi. Salah satu langkah penting dalam perencanaan tersebut adalah peramalan beban untuk memprediksi kebutuhan energi listrik di masa depan. Penelitian ini menggunakan peramalan beban dengan metode Single Exponential Smoothing (SES). Penelitian ini menganalisis peramalan beban listrik jangka pendek bulanan pada Sistem Interkoneksi Kalimantan dengan menggunakan data historis PT PLN UP2B Kalselteng untuk periode 2022–2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Single Exponential Smoothing memiliki tingkat akurasi lebih tinggi dengan nilai MAPE sebesar 1,96% dibandingkan metode koefisien sebesar 3,13%. Metode ini juga menunjukkan kemampuan yang responsif terhadap perubahan fluktuasi beban, sehingga menghasilkan prediksi yang lebih stabil. Dengan penerapan metode ini, diharapkan PT PLN dapat meningkatkan presisi peramalan beban dan menjaga kestabilan operasi sistem pada Sistem Interkoneksi Kalimantan, guna memenuhi permintaan energi yang terus meningkat di masa mendatang.

Kata Kunci: Peramalan Beban, Exponential Smoothing, Beban Puncak, Sistem Interkoneksi Kalimantan

Abstract

The growth in electricity demand is driven by economic growth, the industrial sector, and population such as in the East Kalimantan region, in line with the development of the Indonesian Capital City (IKN). The Kalimantan Interconnection System, which connects the electricity supply between regions, must be maintained stable to avoid disruptions such as frequency drops that can cause load shedding that is detrimental to consumers. Proper planning of the electric power system is needed to maintain system reliability and energy production efficiency. One important step in this planning is load forecasting to predict future electricity needs. This study uses load forecasting with the Single Exponential Smoothing (SES) method. This study analyzes short-term monthly electricity load forecasting on the Kalimantan Interconnection System using historical data from PT PLN UP2B Kalselteng for the period 2022–2024. The results of the study show that the Single Exponential Smoothing method has a higher level of accuracy with a MAPE value of 1.96% compared to the coefficient method of 3.13%. This method also shows responsive capabilities to changes in load fluctuations, resulting in more stable predictions. By implementing this method, it is expected that PT PLN can improve the precision of load forecasting and maintain the stability of system operations in the Kalimantan Interconnection System, in order to meet the increasing energy demand in the future.

Keywords: *Load Forecasting, Exponential Smoothing, Peak Load, Kalimantan Interconnection System*

PENDAHULUAN

Listrik menjadi salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik tidak dapat disimpan dalam jumlah besar maka harus disediakan saat dibutuhkan. Semakin tahun kebutuhan listrik semakin meningkat dengan adanya perkembangan di sektor industri, pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk yang semakin pesat. Berdasarkan laporan statistik PT PLN Tahun 2023 beban puncak pada tahun 2023 mencapai 52.282,48 MW, mengalami kenaikan sebesar 39,43% dibandingkan tahun sebelumnya (PT. PLN, 2023). Kenaikan permintaan Listrik juga di alami di Pulau Kalimantan, hal ini disebabkan adanya pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) di wilayah Kalimantan Timur yang turut mendorong perkembangan industri dan pertumbuhan penduduk. Hal ini berdampak pada peningkatan permintaan energi listrik pada sistem interkoneksi Kalimantan.

Sistem Interkoneksi Kalimantan merupakan sistem yang menghubungkan energi listrik dari Kalimantan Utara hingga Kalimantan Tengah. Namun, adanya ketidakpastian pasokan energi produksi yang dihasilkan oleh pembangkit yang apabila disalurkan lebih sedikit dari permintaan kebutuhan beban akan mengakibatkan penurunan frekuensi sistem kurang dari 50 Hz. Hal ini akan berdampak pada pelepasan beban pada sistem (manual load shedding) pada sisi konsumen yang berakibat pada kerugian konsumen itu

sendiri (M. Rafsanjani & R.A. Diantari, 2019). Dalam menjaga stabilitas sistem tersebut PT PLN harus melakukan peramalan beban terkait besarnya kebutuhan beban dan permintaan energi listrik di masa mendatang.

Peramalan beban merupakan prediksi atau dugaan yang dilakukan untuk memperkirakan kebutuhan beban atau energi di masa mendatang pada periode waktu tertentu. Pada skripsi ini digunakan metode exponential smoothing dalam memperkirakan beban puncak yang akan terjadi di masa mendatang dalam jangka waktu pendek. Pada penelitian sebelumnya Perbandingan Akurasi Prediksi Konsumsi Biaya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Metode *Single Exponential Smoothing dan Single Moving Average Metode Exponential Smoothing* (A.W. Indarto dkk,: 2024). Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa akurasi metode Single Exponential Smoothing lebih baik dalam memperkirakan prediksi konsumsi biayalistrik dibanding metode Single Moving Average. Oleh karena itu metode exponential smoothing ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi PT PLN dalam melakukan peramalan beban yang lebih presisi dan akurat dari metode yang digunakan sebelumnya, sehingga dapat menjaga kestabilan operasi sistem pada sistem interkoneksi Kalimantan.

Batasan pada penelitian ini adalah sebatas peramalan beban puncak pada periode jangka pendek bulanan pada Sistem Interkoneksi Kalimantan, fokus pada penggunaan data historis dari PT PLN UP2B Kalselteng pada tahun 2022 s/d 2024 dengan metode expotional smoothing. Lalu dilakukan Perbandingan akurasi antara metode exponential smoothing dengan metode koefisien yang digunakan oleh PLN. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: (1) Mendapatkan karakteristik data beban listrik pada Sistem Interkoneksi Kalimantan pada 3 tahun terakhir; (2) Mendapatkan karakteristik hasil peramalan beban listrik menggunakan metode exponential smoothing pada Sistem Interkoneksi Kalimantan; (3) Mendapatkan perbandingan hasil akurasi peramalan antara metode exponential smoothing dengan metode koefisien pada Sistem Interkoneksi Kalimantan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *exponential smoothing*. Dimana data historis yang telah dikumpulkan akan dimasukkan ke rumus yang menghasilkan angka kemudian dianalisa untuk mendapatkan data Kesimpulan. Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari kantor PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengatur Beban Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah pada bagian

operasi sistem dan perencanaan dan evaluasi operasi sistem. Penelitian ini dilakukan selama 3 (tiga) bulan mulai dari Februari sampai April.

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data beban puncak pada Sistem Interkoneksi Kalimantan yang terdiri dari data historis beban harian per setengah jam. Sampel yang dipakai ialah data historis beban puncak dari PT PLN Unit Pelaksana Pengatur Beban Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah pada periode tahun 2022-2024.

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi pada PT PLN (Persero). Pada tahap ini dimulai dengan mewawancarai staf bagian tersebut mengenai karakteristik langgam beban pada Sistem Interkoneksi Kalimantan, metode yang digunakan dalam melakukan peramalan beban pada Sistem Interkoneksi tersebut, serta mengenai kendala yang dihadapi dalam melakukan peramalan beban di Sistem Interkoneksi Kalimantan. Setelah dilakukan wawancara, penulis melakukan pengumpulan data historis beban untuk dapat dianalisis.

Langkah penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, diantaranya pengambilan data, analisis data dan perhitungan, perbandingan metode, penarikan Kesimpulan

HASIL PENELITIAN

Wawancara dilakukan dengan Ibu Niken Puspitasari selaku Officer Perencanaan dan Evaluasi Operasi Sistem pada PLN Unit Pelaksana Pengatur Beban (UP2B) Kalimantan Selatan dan Tengah. Dari hasil wawancara didapatkan bahwa dalam hal peramalan beban, PLN menggunakan metode koefisien, yaitu metode yang didasarkan pada analisis data historis untuk memperoleh nilai koefisien yang merepresentasikan pola pertumbuhan beban. Sistem Interkoneksi Kalimantan terjadi peningkatan signifikan dari tahun ke tahun, tercatat pada tahun 2022, beban puncak tercatat sebesar 1.382,31 MW, kemudian meningkat menjadi 1.606,38 MW pada tahun 2023, dan kembali naik menjadi 1.811,69 MW pada tahun 2024.

Dalam ROT Tahun 2025, PLN memproyeksikan bahwa beban puncak sistem interkoneksi Kalimantan akan meningkat hingga mencapai 2.223 MW. Proyeksi ini mempertimbangkan adanya pertumbuhan permintaan dari pelanggan eksisting, pelanggan baru, serta tahap awal operasi IKN. ROT 2025 sendiri mencatat bahwa pertumbuhan kebutuhan energi di Kalimantan diperkirakan mencapai 9–10% per tahun.

Dalam penerapan hal ini ada kendala yaitu adanya pengaruh *load factor* musiman, seperti saat bulan Ramadhan, hari raya besar, dan peristiwa keagamaan lainnya, yang

menyebabkan deviasi antara hasil peramalan dan realisasi beban puncak. Selain itu, gangguan sistem seperti trip pada pembangkit atau gangguan transmisi juga menjadi kendala yang cukup signifikan, karena dapat menyebabkan data beban yang tercatat tidak mencerminkan kondisi sistem yang normal.

Dampak dari ketidakakuratan dalam peramalan beban sangat berpengaruh terhadap keandalan dan efisiensi sistem kelistrikan. Hasil wawancara ini menunjukkan bahwa proses perencanaan dan peramalan beban listrik merupakan aspek yang sangat krusial dalam menjaga keandalan pasokan listrik serta efisiensi operasional sistem tenaga. Metode yang digunakan perlu terus dievaluasi dan disesuaikan dengan kondisi aktual, terutama dalam menghadapi dinamika pertumbuhan beban di wilayah Kalimantan yang saat ini sedang mengalami akselerasi cukup tinggi akibat pertumbuhan industri dan pembangunan wilayah strategis nasional.

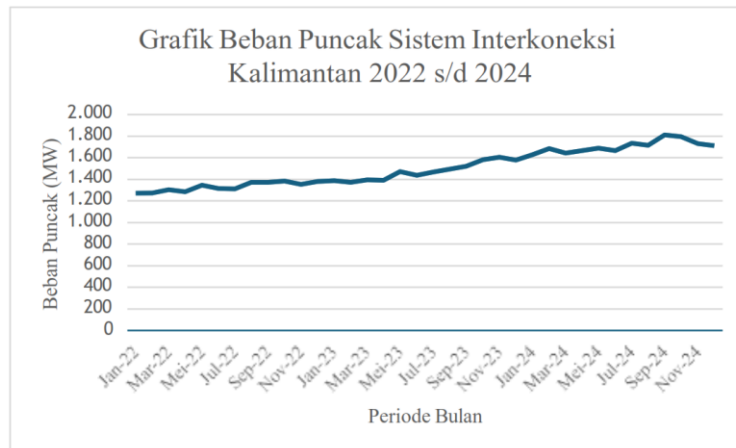
PEMBAHASAN

1. Data Beban Sistem Interkoneksi Kalimantan Tahun 2022 – 2024

Data historis beban listrik yang digunakan merupakan data beban puncak pada tiap hari dari rentang waktu tahun 2022 hingga 2024. Adapun sebab dipilihnya data historis beban listrik periode 1 Januari 2022 s/d 31 Desember 2024 sebagai berikut:

- a. Data beban listrik selama periode ini memiliki karakteristik pola yang relatif stabil dan sesuai dengan tren pertumbuhan beban pada sistem interkoneksi Kalimantan. Pola beban dalam rentang waktu ini mempresentasikan kondisi operasional sistem yang lebih relevan dibandingkan periode tahun sebelumnya 2021. Hal ini dikarenakan pada tahun tersebut kondisi perkembangan ekonomi dan industri masih terkendala adanya pandemi covid-19 namun pada tahun 2022 sudah memasuki era new normal sehingga pertumbuhan ekonomi dan industri berangsur membaik.
- b. Data beban listrik ini merupakan data historis terbaru, sehingga diharapkan hasil peramalan yang diperoleh lebih realistis, relevan dan dapat menggambarkan proyeksi permintaan beban (demand) dengan lebih baik
- c. Rentang waktu tiga tahun cukup panjang untuk mendapatkan pola perubahan beban tanpa terlalu banyak fluktuasi acak yang dapat berpengaruh pada hasil peramalan.
- d. Periode peramalan menggunakan periode bulanan hal ini dikarenakan pada periode ini mencerminkan pola musiman yang dapat terjadi dalam peningkatan beban.

Grafik beban puncak sistem interkoneksi digambarkan pada grafik dibawah ini:



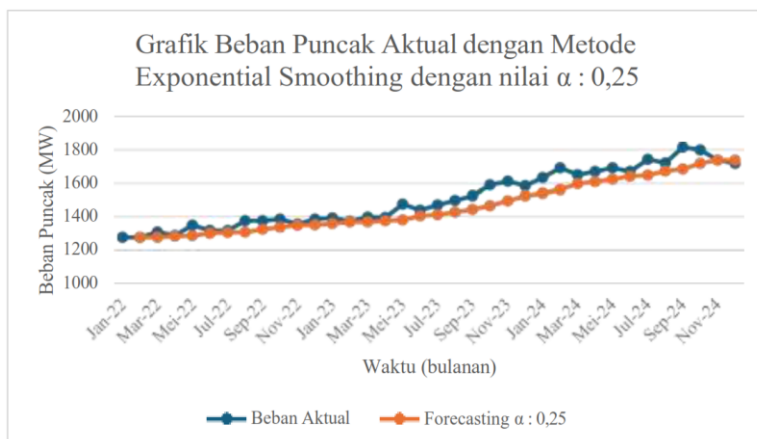
Gambar 1. Grafik Beban Puncak Sistem Interkoneksi Kalimantan Tahun 2022 s/d 2024

Berdasarkan Gambar 1 Grafik Beban Puncak Sistem Interkoneksi Kalimantan dapat terlihat bahwa seiring waktu nilai beban puncak relatif meningkat secara signifikan, meskipun di beberapa kondisi terdapat penurunan nilai beban puncak dari bulan sebelumnya. Pada grafik diatas dapat terlihat bahwa pertumbuhan beban pada tahun 2022 ke 2023 mengalami peningkatan sebesar 16,2% berdasarkan data beban puncak tertinggi pada bulan November 2023. Sedangkan pertumbuhan beban pada tahun 2023 ke 2024 mengalami peningkatan sebesar 12,8% dari data beban puncak tertinggi pada tahun 2024 yang terjadi pada bulan September 2024. Berdasarkan data diatas rata rata kenaikan beban puncak sebesar 14,45% tiap tahunnya.

2. Peramalan Beban Puncak Menggunakan Metode Exponential Smoothing

a. Peramalan Beban Metode Exponential Smoothing dengan α : 0,25

Berdasarkan perhitungan peramalan beban dengan konstanta α : 0,25 dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini:

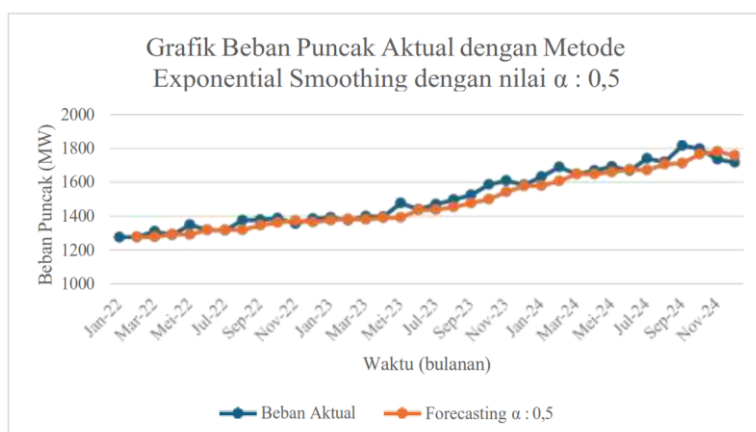


Gambar 2. Grafik Beban Puncak Aktual dengan Metode Exponential Smoothing dengan nilai α :0,25

Pada gambar 2 grafik diatas dapat terlihat bahwa nilai peramalan dengan $\alpha: 0,25$ terlihat lebih halus dibandingkan dengan data beban puncak aktualnya, karena nilai konstanta α yang kecil. Selain itu nilai MAPE yang sudah dihitung didapatkan nilai 3,32% yang masih cukup baik.

b. Peramalan Beban Metode Exponential Smoothing dengan $\alpha: 0,5$

Berdasarkan perhitungan peramalan beban dengan konstanta $\alpha: 0,5$ dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini:

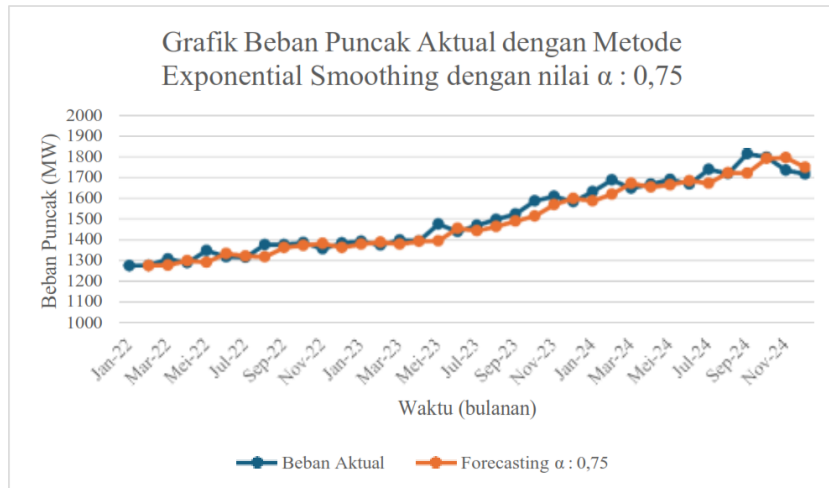


Gambar 3. Grafik Beban Puncak Aktual dengan Metode Exponential Smoothing dengan nilai $\alpha: 0,5$

Pada gambar 3 grafik diatas dapat terlihat bahwa nilai peramalan dengan $\alpha: 0,5$ terlihat cukup responsif dalam menangkap perubahan tren beban puncak. Nilai peramalan lebih dekat dengan data aktual dibandingkan α yang lebih kecil, namun masih terjadi sedikit keterlambatan dalam menangkap lonjakan beban puncak. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai MAPE sebesar 2,105%, yang menunjukkan tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan $\alpha = 0,25$. Metode ini cocok digunakan jika pola beban mengalami perubahan sedang dan tidak terlalu fluktuatif.

c. Peramalan Beban Metode Exponential Smoothing dengan $\alpha: 0,75$

Berdasarkan perhitungan peramalan beban dengan konstanta $\alpha: 0,75$ dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini:

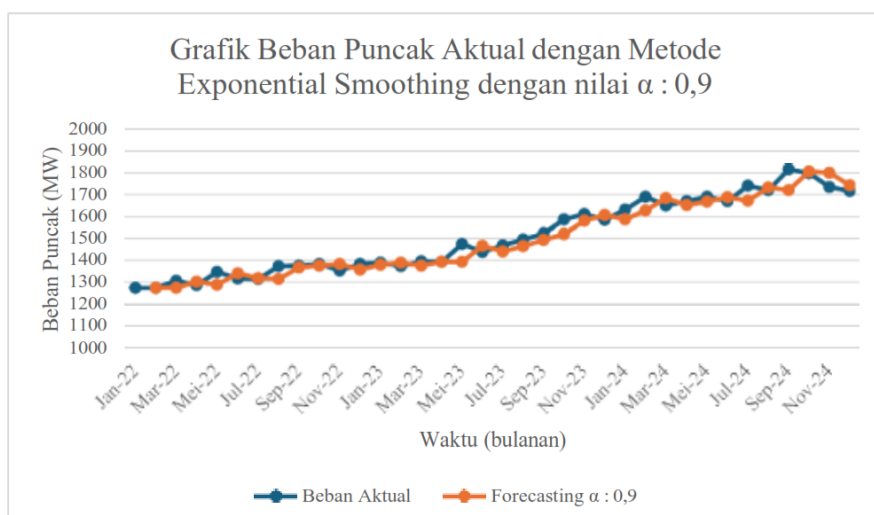


Gambar 4. Grafik Beban Puncak Aktual dengan Metode Exponential Smoothing dengan nilai $\alpha : 0,75$

Pada gambar 4 grafik diatas dapat terlihat bahwa nilai peramalan dengan $\alpha : 0,75$ menunjukan nilai konstanta ini lebih sensitif terhadap perubahan beban puncak yang terjadi. Saat terjadi lonjakan beban dari periode yang sebelumnya, hasil peramalan secara signifikan lebih cepat mengikuti pola data beban actual dibandingkan dengan konstanta α yang lebih kecil. Selain itu nilai MAPE sebesar 1,961% merupakan nilai kesalahan paling kecil dari perhitungan peramalan yang sudah dilakukan. Hasil ini mendeskripsikan bahwa nilai dengan konstanta $\alpha : 0,75$ memberikan hasil peramalan yang paling akurat dibandingkan dengan nilai α lainnya. Penerapan metode ini paling cocok digunakan dalam kondisi tren pertumbuhan beban yang mengalami kenaikan secara cepat dan fluktuasi yang signifikan karena dapat menangkap perubahan yang lebih responsif dibanding lainnya.

d. Peramalan Beban Metode Exponential Smoothing dengan $\alpha : 0,9$

Berdasarkan perhitungan peramalan beban dengan konstanta $\alpha : 0,9$ dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini:



Gambar 5. Grafik Beban Puncak Aktual dengan Metode Exponential Smoothing dengan nilai $\alpha : 0,9$

Pada gambar 5 grafik diatas dapat terlihat bahwa nilai peramalan dengan $\alpha : 0,9$ merupakan metode peramalan yang sangat responsif terhadap perubahan beban puncak. Setiap perubahan dalam histori data aktual akan langsung menjadi dasaran pada peramalan selanjutnya. Selain itu nilai MAPE yang didapatkan untuk konstanta $\alpha : 0,9$ nilai 2% tidak jauh berbeda dengan $\alpha : 0,75$. Namun, metode ini juga cenderung lebih fluktuatif dan tidak stabil yang akan beresiko karena nilai α yang besar membuat metode ini lebih cepat menyesuaikan dengan perubahan, hasil peramalan bisa menjadi tidak stabil, terutama jika terdapat banyak variasi dalam data beban puncak. Oleh karena itu, $\alpha = 0,9$ lebih cocok digunakan dalam kondisi di mana fluktuasi beban sangat tinggi dan cepat berubah.

Berdasarkan keempat konstanta α yang sudah dilakukan peramalan beban, yaitu 0,25; 0,5; 0,75; dan 0,9 dapat terlihat bahwa keempat konstanta α tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing masing. Pemlihan nila α yang akan digunakan sebagai pembanding dengan metode koefisien PLN, yaitu konstanta $\alpha : 0,75$ yang merupakan konstanta α yang memiliki nilai MAPE yang terkecil yaitu 1,961% dibandingkan dengan ketiga konstanta α lainnya. Selain itu pemilihan konstanta $\alpha : 0,75$ cukup sesuai dengan tren perubahan beban puncak pada sistem interkoneksi Kalimantan yang relatif stabil dan dan tidak terlalu fluktuatif.

3. Perbandingan Akurasi Hasil Peramalan Beban Menggunakan Metode Exponential Smoothing dengan Metode Koefisien dari PLN

a. Pengujian Akurasi dengan indikator MAD

Dalam analisis ini, data beban puncak aktual bulanan dari Januari 2022 hingga Desember 2024 dibandingkan dengan hasil peramalan dari kedua metode tersebut. Selain itu, untuk mengukur tingkat akurasi dari masing-masing metode, digunakan indikator statistik Mean Absolute Deviation (MAD), yaitu nilai rata-rata dari selisih absolut antara data aktual dan hasil peramalan. Semakin kecil nilai MAD, maka semakin akurat metode peramalan tersebut.

Tabel 1. Data Perbandingan nilai MAD antara Peramalan dengan Metode Exponential Smoothing dengan Metode Koefisien PLN

Waktu	Data Beban Puncak Aktual (MW)	Peramalan PLN dengan Metode Koefisien (MW)	Peramalan dengan Metode Exponential Smoothing $\alpha : 0,75$ (MW)	Absolute Deviasi Metode Koefisien(MW)	Absolute Deviasi Metode Exponential Smoothing $\alpha : 0,75$ (MW)
Jan-22	1271,91	1192,44	#N/A	79,47	#N/A
Feb-22	1272,82	1215,15	1271,91	57,67	0,91
Mar-22	1304,91	1262,50	1272,59	42,41	32,32
Apr-22	1284,84	1248,86	1296,83	35,98	11,99
Mei-22	1344,55	1283,26	1287,84	61,29	56,71
Jun-22	1314,07	1306,21	1330,37	7,86	16,3
Jul-22	1313,08	1238,22	1318,15	74,86	5,07
Agt-22	1372,20	1274,66	1314,35	97,54	57,85
Sep-22	1373,66	1311,59	1357,74	62,07	15,92
Okt-22	1382,31	1281,36	1369,68	100,94	12,63
Nov-22	1351,88	1285,87	1379,15	66,01	27,27
Des-22	1381,14	1321,96	1358,70	59,18	22,45
Jan-23	1388,61	1306,28	1375,53	82,33	13,08
Feb-23	1371,26	1305,70	1385,34	65,56	14,08
Mar-23	1394,67	1353,77	1374,78	40,9	19,89
Apr-23	1391,77	1356,34	1389,70	35,43	2,07
Mei-23	1472,33	1447,97	1391,26	24,36	81,07
Jun-23	1436,08	1402,10	1452,06	33,98	15,98
Jul-23	1466,79	1421,31	1440,08	45,48	26,71
Agt-23	1494,36	1478,23	1460,11	16,13	34,25
Sep-23	1520,40	1501,14	1485,80	19,26	34,6
Okt-23	1583,65	1525,55	1511,75	58,1	71,9
Nov-23	1606,38	1564,77	1565,68	41,61	40,7

Des-23	1580,31	1545,30	1596,21	35,01	15,9
Jan-24	1628,07	1538,01	1584,28	90,06	43,79
Feb-24	1685,96	1631,02	1617,12	54,94	68,84
Mar-24	1644,97	1668,64	1668,75	23,67	23,78
Apr-24	1665,13	1662,00	1650,92	3,13	14,21
Mei-24	1687,07	1679,79	1661,58	7,28	25,5
Jun-24	1665,04	1617,90	1680,70	47,14	15,66
Jul-24	1736,54	1711,95	1668,96	24,59	67,59
Agt-24	1715,98	1691,34	1719,65	24,64	3,66
Sep-24	1811,69	1782,92	1716,90	28,77	94,79
Okt-24	1794,08	1732,18	1787,99	61,9	6,08
Nov-24	1731,65	1738,10	1792,56	6,45	60,9
Des-24	1712,89	1698,97	1746,88	13,92	33,99
MAD				45,28	30,23

Berdasarkan tabel 1 di atas, dapat dianalisis bahwa hasil peramalan metode *Exponential Smoothing* secara umum menunjukkan akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode koefisien PLN. Hal ini dapat terlihat dari nilai absolute deviasi yang lebih rendah hampir di seluruh periode pengamatan. Pada tahun 2022, misalnya, nilai absolute deviasi metode *Exponential Smoothing* pada bulan Juli, Agustus, dan September masing-masing sebesar 5,07 MW, 57,85 MW, dan 15,92 MW, yang secara signifikan lebih kecil dibandingkan dengan nilai absolute deviasi metode PLN pada bulan yang sama, yaitu 74,86 MW, 97,54 MW, dan 62,07 MW. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Exponential Smoothing* mampu menghasilkan peramalan yang lebih mendekati nilai aktual.

Kelebihan metode *Exponential Smoothing* juga terlihat dari nilai MAD rata-rata selama periode pengamatan. Nilai MAD rata-rata metode *Exponential Smoothing* adalah sebesar 30,23 MW, sedangkan metode PLN memiliki nilai MAD rata-rata sebesar 45,28 MW. Selisih sebesar 15,05 MW ini menunjukkan bahwa metode *Exponential Smoothing* memiliki tingkat kesalahan peramalan yang lebih kecil secara konsisten, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ini memiliki akurasi yang lebih tinggi.

Sebagai contoh, pada bulan Oktober 2024, nilai beban puncak aktual adalah sebesar 1731,65 MW. Peramalan menggunakan metode *Exponential Smoothing* menghasilkan nilai sebesar 1787,99 MW, dengan absolute deviasi sebesar hanya 6,09 MW. Sebaliknya, metode PLN menghasilkan nilai peramalan sebesar 1732,18 MW dengan absolute deviasi sebesar 61,9 MW. Kecenderungan hasil peramalan metode *Exponential Smoothing* yang lebih dekat ke nilai aktual juga dapat dilihat pada bulan-

bulan lainnya, seperti April 2023 dan Agustus 2024, yang menunjukkan absolute deviasi relatif kecil, yaitu 2,07 MW dan 3,67 MW berturut-turut.

Namun demikian, terdapat beberapa bulan pada awal tahun 2022 (Januari hingga Maret) di mana nilai MAD untuk metode *Exponential Smoothing* tidak tersedia (N/A). Hal ini disebabkan oleh keterbatasan data historis yang diperlukan oleh metode ini untuk mulai melakukan peramalan. Metode *Exponential Smoothing* memerlukan data awal dalam jumlah tertentu untuk dapat menghasilkan nilai peramalan, sehingga dalam periode awal, metode ini belum dapat diterapkan.

b. Pengujian Akurasi dengan MSE

MSE merupakan rata-rata kuadrat dari selisih antara nilai aktual dengan nilai hasil peramalan. Indikator ini memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap deviasi besar, sehingga memberikan penalti yang lebih berat terhadap kesalahan peramalan yang signifikan. Semakin kecil nilai MSE, maka akurasi peramalan suatu metode semakin akurat.

Tabel 2. Data Perbandingan nilai MSE antara Peramalan dengan Metode Exponential Smoothing dengan Metode Koefisien PLN

Waktu	Data Beban Puncak Aktual (MW)	Peramalan PLN dengan Metode Koefisien (MW)	Peramalan dengan Metode Exponential Smoothing (MW)	Kuadrat Deviasi dengan Metode Koefisien (MW)	Kuadrat Deviasi dengan Metode Exponential Smoothing (MW)
Jan-22	1271,91	1192,44	#N/A	6315,48	#N/A
Feb-22	1272,82	1215,15	1271,91	3325,83	0,83
Mar-22	1304,91	1262,50	1272,59	1798,61	1044,58
Apr-22	1284,84	1248,86	1296,83	1294,56	143,76
Mei-22	1344,55	1283,26	1287,84	3756,46	3216,02
Jun-22	1314,07	1306,21	1330,37	61,78	265,69
Jul-22	1313,08	1238,22	1318,15	5604,02	25,7
Agt-22	1372,20	1274,66	1314,35	9514,05	3346,62
Sep-22	1373,66	1311,59	1357,74	3852,68	253,45
Okt-22	1382,31	1281,36	1369,68	10188,88	159,52
Nov-22	1351,88	1285,87	1379,15	4357,32	743,65
Des-22	1381,14	1321,96	1358,70	3502,27	503,55
Jan-23	1388,61	1306,28	1375,53	6778,23	171,09
Feb-23	1371,26	1305,70	1385,34	4298,11	198,25
Mar-23	1394,67	1353,77	1374,78	1672,81	395,61
Apr-23	1391,77	1356,34	1389,70	1255,28	4,28
Mei-23	1472,33	1447,97	1391,26	593,41	6572,34

Jun-23	1436,08	1402,10	1452,06	1154,64	255,36
Jul-23	1466,79	1421,31	1440,08	2068,43	713,42
Agt-23	1494,36	1478,23	1460,11	260,18	1173,06
Sep-23	1520,40	1501,14	1485,80	370,95	1197,16
Okt-23	1583,65	1525,55	1511,75	3375,61	5169,61
Nov-23	1606,38	1564,77	1565,68	1731,39	1656,49
Des-23	1580,31	1545,30	1596,21	1225,7	252,81
Jan-24	1628,07	1538,01	1584,28	8110,8	1917,56
Feb-24	1685,96	1631,02	1617,12	3018,4	4738,95
Mar-24	1644,97	1668,64	1668,75	560,27	565,49
Apr-24	1665,13	1662,00	1650,92	9,8	201,92
Mei-24	1687,07	1679,79	1661,58	53	649,74
Jun-24	1665,04	1617,90	1680,70	2222,18	245,24
Jul-24	1736,54	1711,95	1668,96	604,67	4567,06
Agt-24	1715,98	1691,34	1719,65	607,13	13,47
Sep-24	1811,69	1782,92	1716,90	827,71	8985,14
Okt-24	1794,08	1732,18	1787,99	3831,61	37,09
Nov-24	1731,65	1738,10	1792,56	41,6	3710,03
Des-24	1712,89	1698,97	1746,88	193,77	1155,32
MSE				2734,38	1506,94

Berdasarkan data pada table 2 di atas, dapat dilihat bahwa metode *Exponential Smoothing* menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan metode koefisien PLN dalam hal keakuratan peramalan. Hal ini terlihat dari nilai MSE rata-rata metode *Exponential Smoothing* yang lebih rendah, yaitu sebesar 1506,94 MW, dibandingkan dengan metode koefisien PLN yang memiliki nilai MSE rata-rata sebesar 2734,38 MW. Selisih MSE sebesar 1227,44 MW ini menggambarkan bahwa metode *Exponential Smoothing* secara signifikan lebih akurat dan lebih mampu meminimalkan kesalahan peramalan dibandingkan metode koefisien PLN.

Sebagai contoh, pada April 2023, data beban puncak aktual adalah sebesar 1391,77 MW. Metode *Exponential Smoothing* menghasilkan peramalan sebesar 1389,70 MW dengan nilai kuadrat deviasi hanya sebesar 4,28 MW, sementara metode PLN menghasilkan peramalan sebesar 1356,34 MW dengan kuadrat deviasi sebesar 1255,28 MW. Selisih nilai yang cukup besar ini menunjukkan bahwa metode *Exponential Smoothing* hampir tepat meramalkan nilai aktual, sedangkan metode PLN menghasilkan deviasi yang lebih besar.

Namun, pada beberapa waktu tertentu, metode *Exponential Smoothing* mencatat nilai kuadrat deviasi yang tinggi, seperti pada September 2024 dengan kuadrat deviasi sebesar 8985,14 MW. Hal ini menandakan bahwa pada periode tersebut terdapat fluktuasi

beban puncak yang cukup tajam sehingga menyebabkan deviasi yang lebih besar, meskipun secara rata-rata metode ini masih menunjukkan performa yang lebih baik.

c. Pengujian Akurasi dengan MAPE

Indikator MAPE mengukur tingkat kesalahan peramalan dalam bentuk persentase terhadap nilai aktual, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih proporsional mengenai deviasi hasil peramalan. MAPE sangat berguna ketika ingin mengetahui seberapa besar rata-rata kesalahan peramalan dalam satuan relatif, bukan absolut. Semakin kecil nilai MAPE, maka semakin baik akurasi peramalan suatu metode.

Tabel 3. Data Perbandingan nilai MAPE antara Peramalan dengan Metode Exponential Smoothing dengan Metode Koefisien PLN

Waktu	Data Beban Puncak Aktual (MW)	Peramalan PLN dengan Metode Koefisien (MW)	Peramalan dengan Metode Exponential Smoothing $\alpha : 0,75$ (MW)	Percentage Error dengan Metode Koefisien (%)	Percentage Error dengan Metode Exponential Smoothing $\alpha : 0,75$ (%)
Jan-22	1271,91	1192,44	#N/A	6,25	#N/A
Feb-22	1272,82	1215,15	1271,91	4,53	0,07
Mar-22	1304,91	1262,50	1272,59	3,25	2,48
Apr-22	1284,84	1248,86	1296,83	2,8	0,93
Mei-22	1344,55	1283,26	1287,84	4,56	4,22
Jun-22	1314,07	1306,21	1330,37	0,6	1,24
Jul-22	1313,08	1238,22	1318,15	5,7	0,39
Agt-22	1372,20	1274,66	1314,35	7,11	4,22
Sep-22	1373,66	1311,59	1357,74	4,52	1,16
Okt-22	1382,31	1281,36	1369,68	7,3	0,91
Nov-22	1351,88	1285,87	1379,15	4,88	2,02
Des-22	1381,14	1321,96	1358,70	4,29	1,62
Jan-23	1388,61	1306,28	1375,53	5,93	0,94
Feb-23	1371,26	1305,70	1385,34	4,78	1,03
Mar-23	1394,67	1353,77	1374,78	2,93	1,43
Apr-23	1391,77	1356,34	1389,70	2,55	0,15
Mei-23	1472,33	1447,97	1391,26	1,65	5,51
Jun-23	1436,08	1402,10	1452,06	2,37	1,11
Jul-23	1466,79	1421,31	1440,08	3,1	1,82
Agt-23	1494,36	1478,23	1460,11	1,08	2,29
Sep-23	1520,40	1501,14	1485,80	1,27	2,28
Okt-23	1583,65	1525,55	1511,75	3,67	4,54
Nov-23	1606,38	1564,77	1565,68	2,59	2,53
Des-23	1580,31	1545,30	1596,21	2,22	1,01
Jan-24	1628,07	1538,01	1584,28	5,53	2,69
Feb-24	1685,96	1631,02	1617,12	3,26	4,08
Mar-24	1644,97	1668,64	1668,75	1,44	1,45

Apr-24	1665,13	1662,00	1650,92	0,19	0,85
Mei-24	1687,07	1679,79	1661,58	0,43	1,51
Jun-24	1665,04	1617,90	1680,70	2,83	0,94
Jul-24	1736,54	1711,95	1668,96	1,42	3,89
Agt-24	1715,98	1691,34	1719,65	1,44	0,21
Sep-24	1811,69	1782,92	1716,90	1,59	5,23
Okt-24	1794,08	1732,18	1787,99	3,45	0,34
Nov-24	1731,65	1738,10	1792,56	0,37	3,52
Des-24	1712,89	1698,97	1746,88	0,81	1,98
MAPE (%)				3,13	1,96

Berdasarkan tabel 3 di atas, terlihat bahwa metode *Exponential Smoothing* kembali menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan metode koefisien PLN dalam hal akurasi peramalan beban puncak sistem interkoneksi Kalimantan. Hal ini terlihat dari nilai MAPE rata-rata metode *Exponential Smoothing* yang hanya sebesar 1,96%, lebih rendah dibandingkan dengan metode koefisien PLN yang memiliki nilai MAPE rata-rata sebesar 3,13%.

Sebagai salah satu contoh, pada Agustus 2023, beban puncak aktual tercatat sebesar 1494,36 MW. Metode *Exponential Smoothing* menghasilkan peramalan sebesar 1460,11 MW dengan nilai *percentage error* hanya 2,29%, sementara metode PLN memberikan hasil peramalan sebesar 1478,23 MW dengan nilai *percentage error* 1,08%. Pada kasus ini, meskipun metode PLN menunjukkan *percentage error* yang lebih kecil, tren keseluruhan selama periode pengamatan menunjukkan bahwa metode *Exponential Smoothing* lebih konsisten memberikan nilai *percentage error* rendah.

Sebaliknya, pada Januari 2023, beban puncak aktual sebesar 1388,61 MW diprediksi oleh metode *Exponential Smoothing* dengan nilai 1375,53 MW dan *percentage error* sebesar 0,94%, jauh lebih kecil dibandingkan metode PLN yang memberikan *percentage error* 5,93%. Ini menunjukkan kemampuan metode *Exponential Smoothing* dalam merespons dinamika beban yang fluktuatif secara lebih presisi.

Seperti pada indikator sebelumnya, nilai peramalan dan *percentage error* metode *Exponential Smoothing* tidak tersedia pada bulan Januari 2022 karena metode ini membutuhkan data historis awal untuk memulai proses peramalan. Oleh karena itu, nilai MAPE pertama tersedia pada bulan Februari 2022. Secara keseluruhan, berdasarkan nilai MAPE, metode *Exponential Smoothing* terbukti memberikan hasil peramalan yang lebih akurat dan andal dibandingkan metode koefisien PLN. Tingkat kesalahan relatif yang lebih rendah ini menunjukkan bahwa metode *Exponential Smoothing* lebih mampu

menyesuaikan diri terhadap pola beban aktual dan memberikan prediksi yang lebih tepat. Hasil ini mengukuhkan keunggulan metode *Exponential Smoothing* dari berbagai sisi pengukuran akurasi dan dapat menjadi rekomendasi utama untuk digunakan dalam peramalan beban sistem tenaga listrik ke depannya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Karakteristik beban listrik bulanan pada sistem interkonkesi Kalimantan dalam tiga tahun terakhir (Tahun 2022 hingga Tahun 2024) menunjukkan tren peningkatan beban puncak secara tahunan. Rata rata pertumbuhan beban tahunan yaitu sebesar 14,45% per tahun. Namun, pola pertumbuhan beban dalam bulanan tidak membentuk tren linier yang konsisten masih terdapat fluktuasi antar bulan.
2. Peramalan beban dengan metode single exponential smoothing (SES) digunakan karena karakteristik data beban menunjukkan pola yang relatif stabil dan tidak memiliki tren musiman. Peramalan ini menggunakan nilai α berturut turut 0,25; 0,5; 0,75; dan 0,9, dari keempat nilai α ini didapatkan pengujian akurasi MAPE secara berturut turut 3,32%; 2,11%; 1,96%; dan 2,00%. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut peramalan yang mendekati nilai aktual dengan MAPE terkecil yaitu 1,96% dengan nilai α : 0,75
3. Pengujian akurasi peramalan metode koefisien dengan metode exponential smoothing dengan α : 0,75 didapatkan hasil MAD metode koefisien sebesar 45,28 MW sedangkan metode exponential smoothing sebesar 30,23 MW , Hasil MSE untuk metode koefisien didapatkan nilai 2734,38 MW sedangkan metode exponential smoothing sebesar 1506,97 MW. Selain itu perhitungan MAPE untuk metode koefisien sebesar 3,13 sedangkan metode exponential smoothing sebesar 1,96. Berdasarkan data tersebut metode peramalan exponential smoothing dapat dikatakan lebih akurat dibandingkan metode koefisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Corio, (2023). *Perencanaan dan Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Lampung Selatan: ITERA Press.
- Darmawan, G. Budiono, R. Hartayu, (2023). Analisis Perbandingan Metode Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Menggunakan Moving Average dan Exponential

- Smoothing di PT PLN Distribusi Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian*, Surabaya.
- Indarto W. P., (2024.) Perbandingan Akurasi Prediksi Konsumsi Biaya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing dan Single Moving Average. *SENASTIKA ACEH*
- Mulyana, S.B. Santoso, *Penentuan Beban Puncak*, Jakarta: Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT PLN (Persero).
- Nur, M.F. (2022). Studi Optimalisasi Kinerja PLTB Melalui Pemlihan Type Generator Terhadap Stabilitas Sistem Tenaga Listrik (Stabilitas Frekuensi dan Tegangan) Sulbagsel”, *Jurnal EKSITASI*, Vol. 1, No.1
- Pemerintah Indonesia, *Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional Ibu Kota Nusantara Tahun 2022-2024*, Pasal 17 Ayat (b), 2022. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/207620/perpres-no-64-tahun-2022>.
- PT PLN (Persero), (2023) *Statistik PLN 2023*, Jakarta: PT PLN (Persero)
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT PLN (Persero), *Prakiraan Beban Sistem*, Jakarta: PT PLN (Persero).
- Rafsanjani & R.A. Diantari, (2019). Studi Laju Penurunan Frekuensi Pada Sistem Kelistrikan Sumatera Bagian Utara Dengan Skema Pelepasan Beban. *Jurnal Ilmiah SUTET*, vol.9, No. 2 pp. 72-80.
- Sani, S.A. (2018) Perbandingan Metode Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode Moving Average, Single Exponential Smoothing dan Autoregressive Moving Average di Yogyakarta. *Skripsi Teknik Elektro*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sarah, S., S. Sinurat, & Imam, S. (2021). Prediksi Kebutuhan Energi Listrik pada PT PLN (Persero) Rayon Aek Nabara Dengan Metode Exponential Smoothing. *Journal of Informatic*, vol.1, No.1 pp:1-9
- Suripto, S., (2017). *Sistem Tenaga Listrik*, 1 ed. Bantul, Yogyakarta: LP3M UMY.
- Syahputra, (2017). Studi Analisis Kontingensi pada Jaringan Interkoneksi 150kV Sub Sistem Aceh. *Jurnal Online Teknik Elektro*, vol.2, No.4 pp: 59-72.
- Zahwa, N.E.P., Rizkiyah, N.S, dan Wijiyanto, S. (2024.). Prediksi Permintaan Listrik PLN UID Jawa Tengah Menggunakan Time-Series Tahun 2024. *Conference on Electrical Engineering, Informatics, Industrial Technology, and Creative Media*, vol.4, No.1 pp: 1221-1229