Analisis Tren Konsumsi Energi Listrik pada Penyulang Singkarak

Erliza Yuniarti^{1*}, Dian Tara², Andika Pratama³, Deni Rahmadi Putra⁴

^{1,2,3,4} Electrical Engineering Department, Universitas Muhammadiyah, Palembang

*Koresponden email: erlizay@yahoo.com

Diterima: 31 Mei 2021

Disetujui: 8 Juni 2021

Abstract

Electrical energy use is an interesting topic because it is related to the operational planning of the distribution system, maintenance of medium voltage networks, and prediction of electricity consumption, especially in the short term. *Trends* are created based on historical data represented in the load curves. This research aims to determine the characteristics of the load by making load groups according to the type of day and calculate the load factor based on secondary data from PT. PLN (Persero) Borang substation. The research uses comparative techniques in the load groups and calculates the load factor which is the benchmark for generation capacity. The results of the study showed that the load *trend* on Singkarak feeders in overall is the same on weekdays as on weekends, namely that minimum load occurs in the morning at 07.00, the load starts to increase but is not significant in relation to the activities of the population after 08.00-16.00. The load trend increases significantly from 16.00 to the peak load that occurs at 19.00-21.00 and after that, the load goes down to the minimum load. The trend for higher than average peak loads on Mondays is more common and weekend loads on Saturdays and Sundays only relatively small load fluctuations occur. The load group for religious holidays and national holidays received good load factor scores, with a relatively small range of loads throughout the day.

Keywords: *trend, load factor, Singkarak, PT. PLN, national holidays*

Abstrak

Konsumsi energi listrik menjadi bahasan yang menarik karena berkaitan dengan perencanaan operasional sistem penyaluran, pemeliharaan jaringan, dan prediksi konsumsi energi listrik khususnya untuk jangka pendek. Tren yang dibuat berdasarkan data historis yang direpresentasikan dalam kurva beban. Riset ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beban dengan membuat kelompok beban berdasarkan jenis hari dan menghitung faktor beban berdasarkan data sekunder PT. PLN (Persero) gardu induk Borang. Riset menggunakan teknik komparasi dalam kelompok beban dan menghitung faktor beban yang menjadi tolak ukur kemampuan pembangkit. Hasil riset mendapatkan tren beban pada penyulang Singkarak secara umum pada hari kerja sama dengan akhir pekan adalah sama, beban minimum terjadi pada pagi hari 07.00, beban mulai naik namun tidak signifikan seiring dengan aktivitas penduduk setelah jam 08.00-16.00. Tren beban naik secara signifikan mulai jam 16.00 menuju beban puncak yang terjadi pada pukul 19.00-21.00 dan setelahnya beban turun kembali menuju beban minimum. Tren beban puncak di atas rerata pada hari Senin lebih sering terjadi dan beban akhir pekan hari Sabtu dan Minggu hanya memiliki kesamaan dalam fluktuasi beban yang relatif kecil terdapat beban. Kelompok beban libur hari besar keagamaan dan libur nasional mendapatkan nilai faktor beban yang baik, dengan keragaman beban relatif kecil di sepanjang hari.

Kata Kunci: *tren, faktor beban, singkarak, PT. PLN, libur nasional*

---

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan besaran daya yang dihitung terhadap waktu. Besarnya energi listrik yang digunakan umumnya disebut sebagai konsumsi atau penggunaan energi listrik. Besarnya kebutuhan atau konsumsi energi listrik digambarkan dalam bentuk kurva yang dikenal sebagai kurva beban [1]. Kurva beban membentuk *trend* [2] yang berubah terhadap waktu membentuk pola beban yang berbeda-beda, tergantung pada beban pada jenis hari [3]; saat atau jam pembebanan [4]; musim; demografi dan ekonomi [5]. *Trend* penggunaan energi listrik bermanfaat untuk perencanaan pekerjaan untuk masa depan dan peramalan beban yang fokus secara teknis untuk waktu singkat (*short term*) dengan presisi tinggi. Pengembangan juga dapat dilakukan, dengan menggabungkan penyimpanan energi dan sistem distribusinya. Selain itu *trend* dapat pembentukan *platform* penjadwalan sistem pembangkitan energi listrik, pengaturan stok bahan bakar, termasuk prakiraan beban dan pasokan energi [6], simulasi sistem, analisis optimasi, bahkan membangun pusat interkoneksi [2] untuk penyaluran dan pengaturan penggunaan daya.

Jenis pelanggan di Indonesia terbagi menjadi beban rumah tangga, industri, bisnis dan umum [7]. Pelanggan terbanyak adalah rumah tangga secara nasional adalah 92,16%, industri 0,11 %, usaha 5,04% dan sosial 2,69%. Pada konsumsi energi listrik saat ini 43,36% adalah rumah tangga, dan industri 31,55%, dengan jumlah konsumen yang sedikit memiliki daya yang terserap cukup besar sehingga mempengaruhi kondisi penyediaan tenaga listrik. Sisanya 18,55% adalah usaha atau bisnis yang terdiri dari pasar modern, pertokoan, fasilitas kesehatan dan rumah makan, sementara, pendidikan, kantor pemerintah dan rumah ibadah membutuhkan daya 2,69% [8].

Riset-riset terdahulu yang berhubungan dengan analisis profil konsumsi energi listrik merepresentasikan kurva beban dengan ciri tersendiri. Pada profil konsumsi energi listrik, *trend*, dan karakteristik beban dapat diketahui dengan cara mengkomparasi beban terhadap penggunaan atau akurasi peramalannya. Riset [9] mengkomparasi akurasi prediksi berdasarkan konsumsi energi listrik selama lima tahun di gardu induk. Riset [10] membahas teknik pengenalan pola untuk karakterisasi dan menganalisis perilaku pelanggan energi listrik. Analisis pola dilakukan di tingkat kelompok, bertujuan menemukan pola atau dengan perilaku yang koheren sehingga dapat dimanfaatkan untuk penetapan harga yang ditargetkan atau pembelian energi kolektif. Riset [11] mengaitkan karakteristik dengan musim dan volatilitas, yang berimbas terhadap lonjakan harga. Harga listrik menunjukkan variasi sesuai dengan jam, hari dalam sebulan, hari kerja, bulan, tahun, dan hari libur.

Ref. [12] menyatakan profil beban yang berbeda karena perilaku konsumen yang berbeda. Perbedaan dipengaruhi oleh cuaca, hari kerja dan waktu penggunaannya. Masing-masing kelompok yang memiliki atribut berbeda dalam permintaan setengah jam. Pengelompokan profil beban, analisis variasi dan estimasi kehilangan energi dari kelompok profil beban dengan yang serupa, dapat diketahui melalui faktor beban kluster dan untuk perkiraan kehilangan energi dapat dihitung tanpa melakukan studi aliran beban [13]. Analisa pada daya gardu induk perkotaan dilakukan untuk menghitung faktor keragaman dan faktor konversi yang akan digunakan untuk memperkirakan profil daya beban harian dan daya puncak bulanan pada gardu induk [14]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor konversi tidak bergantung pada jumlah penyulang di gardu induk, sebaliknya faktor keragaman bervariasi di gardu induk yang memiliki beberapa penyulang dan terdapat korelasi antara data prediksi dan data aktual dari profil beban harian dengan persentase kesalahan kurang dari 5%.

Gambar 1. Profil beban penyulang Singkarak
Sumber: PT. PLN (Persero), Gardu Induk Borang, 2015

Dalam studi ini dibahas profil konsumsi energi listrik pada jaringan menengah dari gardu induk dengan menggunakan metode komparasi konsumsi energi harian, hari libur nasional, dan hari besar keagamaan. Selain itu riset ini membahas korelasi antara beban dalam suatu periode terhadap beban puncak atau faktor beban untuk mengetahui kemampuan pemenuhan energi ke konsumen. Riset ini menggunakan data primer tahun 2015 dari Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN) gardu induk Borang di penyulang Singkarak bertegangan 20 kV. Data primer telah di pra-proses untuk menghilangkan data dengan interval yang tidak sama [15], mengisi data null dengan data pada hari dan jam yang sama dan mereduksi data yang tidak terkait secara langsung dengan karakteristik beban [16]. Tujuan dari penelitian ini, yaitu (1) mengetahui karakteristik atau tren beban yang bermanfaat dalam perencanaan operasi bagi operator transmisi, *stock* bahan bakar penjadwalan pemeliharaan jangka pendek dalam sistem distribusi energi listrik dan ke depan dapat dipergunakan sebagai input peramalan beban; dan (2) mendapatkan faktor beban

(*LF*) listrik dari data pengelompokan sebagai representasi kecukupan daya listrik untuk memenuhi konsumsi energi listrik.

2. Metode Penelitian

Alur penelitian pada **Gambar 2** merupakan langkah-langkah yang akan dilalui selama proses penelitian berlangsung. Penelitian dilakukan pada Januari-Juli tahun 2019, dimulai dengan menyusun data set berdasarkan *log sheet* harian yang dicatat oleh operator transmisi di gardu induk. Pra-proses mereduksi data transformator, arus fasa, tegangan, interval waktu pengukuran yang tidak sama, dan suhu transformator interval mendapatkan kolom data yang hanya berhubungan langsung dengan data beban. Pra-proses data juga dilakukan terhadap data null, data pencilan dan data yang dicatat berulang yang sama untuk yaitu jam 24.00 dan jam 00.00 pada hari berikutnya.

Langkah ke dua diidentifikasi data harian, hari libur nasional dan hari besar keagamaan. Tahap ke tiga dari ini adalah membuat kelompok data berdasarkan hari yang sama dimulai dari Senin, Selasa sampai Jumat sebagai hari kerja; Sabtu dan Minggu sebagai akhir pekan; hari libur nasional dan hari besar keagamaan. Pengelompokan ini dilakukan mengingat tren beban tidak dinyatakan dalam bentuk rerata atau yang lainnya. Selanjutnya dilakukan analisa terhadap tren beban, berdasarkan kurva beban harian, kelompok dan menghitung *LF*. Terakhir dilakukan diskusi dan membuat kesimpulan.

Gambar 2. Langkah-langkah penelitian
Sumber: Dokumen pribadi

3. Hasil dan Pembahasan

Dataset

Penyusunan data set dari data primer konsumsi listrik pada penyulang Singkarak untuk mendapatkan karakteristik beban, terdiri dari data hari, tanggal, jam, dan daya yang di konsumsi dalam kW. Data dibuat dalam kolom Ms. Excell, untuk mempermudah pembuatan kurva beban dan proses perhitungan. Ilustrasi data set sebagai dasar analisis karakteristik beban terlihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Ilustrasi dataset konsumsi energi listrik

Hari	Tanggal	Jam	Daya (kW)
Minggu	4 Januari 2015	00.00	157
		01.00	114
		02.00	114
		03.00	132
		04.00	132
		05.00	132
		06.00	132
		.....	.....
		.....	.....
		21.00	201
		22.00	187
		23.00	176

Sumber: PT. PLN (Persero), Gardu Induk Borang, 2015

Kelompok Konsumsi Energi Listrik

Pembuatan kelompok konsumsi energi listrik untuk mendapatkan pola beban dibagi menjadi lima yaitu, hari kerja, akhir pekan, mingguan, hari libur nasional dan hari libur keagamaan (**Tabel 2**). Kelompok beban hari kerja dan akhir pekan tidak yang dibahas pada riset ini hanya pada bulan Januari-Maret dengan asumsi sebagai data musiman yaitu musim hujan. Kelompok hari libur nasional dan hari besar keagamaan menggunakan data tahun 2015.

Kurva beban umumnya mengilustrasikan beban yang berubah-ubah setiap jamnya. Pada hari kerja tren beban menurun mulai dari jam 21.00-22.00 sampai dengan pagi hari mencapai minimum yaitu antara jam 07.00-08.00 keesokan harinya, dimana sebagian konsumen mulai beraktivitas diluar ruangan. Setelah jam 09.00 beban sedikit meningkat walaupun tidak signifikan. Pada jam 09.00 dimulainya aktivitas konsumen baik di perkantoran, pendidikan, industri, pasar modern dan rumah tangga, sampai dengan jam 16.00. Sebaliknya tren beban akan naik secara signifikan mulai dari jam 18.00 sampai dengan puncaknya jam 20.00-21.00 walaupun beban perkantoran, pendidikan dan sebagian industri menurun, namun terjadi peningkatan beban untuk penerangan dan penggunaan peralatan elektronik konsumen rumah tangga, penerangan dan beban lainnya pasar modern, hotel, dan tetap beroperasinya industri skala menengah dan besar.

Tabel 2. Kelompok konsumsi energi listrik

No.	Jenis Kelompok	Jumlah Hari	Keterangan
1.	Hari kerja	5	Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat,
2.	Akhir pekan	2	Sabtu dan Minggu
3.	Hari libur nasional	4	Tahun Baru, Hari Buruh, Proklamasi Kemerdekaan
4.	Hari libur keagamaan	5	Idul Fitri, Idul Adha, Nyepi, Natal, Imlek

Sumber: Dokumen pribadi

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)
Gambar 3. Beban Penyulang pada Hari Kerja (a) Senin, (b) Selasa, (c) Rabu, (d) Kamis, dan (e) Jum'at
Sumber: PT. PLN (Persero), Gardu Induk Borang, 2015

Berdasarkan grafik beban hari kerja, **Gambar 3.a** (hari Senin) terdapat tren yang tidak sama, dimana terdapat beban grafik sejumlah data konsumsi bebannya masih cukup tinggi pada jam 18.00-21.00. Kenaikan besaran beban pada jam puncak ini dimungkinkan terjadinya karena kenaikan suhu, sehingga beban perumahan yang mendominasi penyulang Singkarak mengalami kenaikan konsumsi energi dengan penggunaan pendingin ruangan baik berupa kipas angin maupun penyejuk ruangan. Kenaikan ini bila dilihat dari beban sektor industri dapat terjadi karena adanya menambah jam kerja berpengaruh untuk memenuhi target produksi atau pesanan. Pada **3.c** (hari Rabu) atau adanya perubahan karakteristik pada sebagian data beban, dimana terjadi peningkatan beban diatas rerata pada jam 12.00-16.00, kenaikan ini tidak terjadi karena penambahan beban perumahan karena kenaikan beban setelahnya sesuai dengan tren beban hari kerja lainnya. Hari kerja lainnya yaitu hari Selasa, Kamis dan Jum'at memperlihatkan tren beban yang sama, ada kenaikan beban pada siang hari hanya terjadi hanya dalam satu sampai dua data saja.

(a) (b)
Gambar 4. Beban Penyulang pada Akhir Pekan (a) Sabtu, (b) Minggu
Sumber: PT. PLN (Persero), Gardu Induk Borang

Trend beban penyulang pada akhir pekan (**Gambar 4**) beban hampir sama dengan beban hari kerja yaitu terjadi penurunan beban jam 00.00-08.00 pagi hari, setelah jam 08.00 pagi terjadi kenaikan konsumsi energi listrik lagi sebagaimana beban hari kerja. Pada jam 13.00-17.00 *trend* beban akhir pekan cenderung konstan hal ini berbeda sebagai pola hari kerja, hal disebabkan terhentinya aktifitas sebagian besar industri, perkantoran dan beban rumah tangga menjadi beban dominan. Mulai jam 17.00 beban naik kembali sama seperti pola beban hari kerja dan mencapai puncaknya pada 19.00-21.00. Tren beban pada akhir pekan tidak terlihat fluktuasi beban yang besar di setiap jamnya, seperti pada hari kerja. Beban minimum pada akhir pekan adalah 112 kW, dan beban maksimum atau beban puncak 270 kW lebih redah dari beban maksimum hari kerja yaitu 277 kW.

Tren beban pada penyulang Singkarak secara umum pada hari kerja sama dengan akhir pekan, dan beban puncak terjadi pada pukul 19.00-21.00, beban minimum pada pagi hari 07.00 dan beban mulai naik

namun tidak signifikan seiring dengan aktivitas penduduk setelah jam 08.00-16.00. Kenaikan beban khususnya pada hari Senin dimalam hari, menunjukkan adanya tambahan aktivitas. Beberapa asumsi penambah terjadi karena industri penambahan jam produksi dan adanya aktivitas pertemuan atau rapat di perkantoran atau hotel. Tren beban akhir pekan untuk hari Sabtu dan Minggu ternyata berbeda. Tren hari Sabtu memiliki beban yang hampir konstan pada jam 13.00-16.00, dan tidak ada fluktuasi beban yang berarti. Sebaliknya tren hari Minggu keseluruhan tidak berbeda dengan tren hari kerja, namun memiliki kesamaan dengan hari Sabtu yaitu fluktuasi beban hampir tidak ada.

Gambar 5. Beban penyulang (a) Hari Libur Nasional, (b) Hari Besar Keagamaan
Sumber: PT. PLN (Persero), Gardu Induk Borang, 2015

Gambar 5.a adalah kurva beban libur nasional terdiri dari tiga hari yaitu libur tahun baru, hari buruh dan hari kemerdekaan. Beban minimum di dalam hari libur merupakan beban terendah dalam riset ini yaitu 105 kW. Tren beban dari jam 07.00 -17.00 cenderung pada besaran yang rendah yaitu lebih kecil dari 150 kW per jam, hal ini merupakan dampak minimnya beban industri, perkantoran, pendidikan dan tutupnya pusat-pusat perbelanjaan, dengan beban rendah ini disisi PLN jumlah cadangan bahan bakar akan lebih tinggi, dan pemeliharaan jaringan dapat dilakukan karena bila terjadi pemutusan tidak berdampak signifikan terhadap aktivitas konsumen. **Gambar 5.b**, memperlihatkan tren hari besar keagamaan, terlihat beban relatif konstan mulai jam 08.00-16.00. Tren hari raya Idul Fitri memiliki beban terendah dibanding dengan tiga hari besar lainnya, karena pada hari-hari ini hampir tidak beban lain selain perumahan.

Gambar 6. Faktor Beban Penyulang Singkarak
Sumber: Dokumen pribadi

Faktor Beban

Faktor beban yang merupakan perbandingan rata-rata beban selama interval beban terhadap beban puncak merupakan penilaian kemampuan pembangkit atau penyalur energi listrik untuk memenuhi permintaan konsumen. Hasil perhitungan *LF* (**Gambar 6**), nilai terbaik pada beban libur nasional 0,791 poin, dimana konsumsi energi listrik cenderung sama, bahkan beban sangat rendah sepanjang hari karena tidak aktivitas pada beban industri, sosial dan umum. Hal ini sangat menguntungkan untuk pemasok energi,

aktivitas pembangkitan relatif stabil dan dapat menghemat penggunaan bahan bakar. LF yang terendah pada hari kerja yaitu 0,613 poin, merupakan gambaran beban hari kerja yang tinggi dalam malam hari khususnya pada beberapa hari Senin dan anomali data di hari Jumat menyebabkan LF menjadi rendah. Rendahnya nilai LF dapat diatasi dengan menyeragamkan beban khususnya beban industri yang memiliki beban yang besar dan rumah tangga sebagai pelanggan terbanyak dengan beban terbesar. LF terbaik untuk hari kerja di hari Rabu namun secara profil konsumsi energi listrik pada tanggal yang berbeda terjadi fluktuasi beban yang beragam.

5. Kesimpulan

Riset profil beban yang memuat pola beban dan tren perlu dilakukan untuk menjamin kontinuitas suplai daya menuju konsumen, cadangan bahan bakar dan pemeliharaan. Berdasarkan riset yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengelompokan beban berdasarkan hari kerja dan akhir pekan pekan tidak dapat dilakukan khususnya pada penyulang Singkarak. Tren beban akhir pekan, untuk hari Sabtu dan Minggu hanya memiliki kesamaan dalam fluktuasi beban yang relatif kecil. Pengelompokan beban untuk libur keagamaan dan libur nasional mendapatkan nilai faktor beban yang baik, keragaman beban relatif kecil di sepanjang hari. Riset ini masih dapat dikembangkan dengan memperhatikan tren musim hujan dan menghitung *utilization factor* sehingga dapat dilihat kemampuan transformator dalam menyuplai beban.

6. Referensi

- [1] J. A. Perdana, A. Soeprijanto, and S. Wibowo, "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Optimally Pruned Extreme Learning Machine (OPELM) pada Sistem Kelistrikan Jawa Timur," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 64–69, 2012.
- [2] P. Su, X. Tian, Y. Wang, S. Deng, J. Zhao, Q. An, Y. Wang, "Recent Trends in Load Forecasting Technology for the Operation Optimization of Distributed," *Energies*, vol. 10, no. 1303, pp. 1–13, 2017, doi: 10.3390/en10091303.
- [3] V. Mansouri and M. E. Akbari, "Efficient Short-Term Electricity Load Forecasting Using Recurrent Neural Networks," *J. Artif. Intell. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 9, pp. 46–54, 2014.
- [4] H. Chang, C. Kuo, Y. Chen, W. Wu, and E. J. Piedad, "Energy Consumption Level Prediction Based on Classification Approach with Machine Learning Technique," in *4th World Congress on New Technologies*, 2018, pp. 1–8, doi: 10.11159/icert18.108.
- [5] S. Bouktif, A. Fiaz, A. Ouni, and M. A. Serhani, "Multi-Sequence LSTM-RNN Deep Learning Metaheuristics for Electric Load Forecasting," *Energies*, vol. 13, no. 391, pp. 1–21, 2020.
- [6] W. Liu, Y. Liu, S. Niu, and Z. Liu, "Assessment Method for Substation Capacity Credit of Generalized Power Source Considering Grid Structure," *Sustainability*, vol. 9, no. 928, pp. 1–18, 2017, doi: 10.3390/su9060928.
- [7] M. A. McNeil, N. Karali, and V. Letschert, "Forecasting Indonesia's electricity load through 2030 and peak demand reductions from appliance and lighting efficiency," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 49, pp. 65–77, 2019, doi: 10.1016/j.esd.2019.01.001.
- [8] D. J. E. dan S. D. M. Kementrian Ketenagalistrikan, "Statistik Kelistrikan 2016," 2017.
- [9] E. Yuniarti, Nurmaini, B. Y. Suprpto, and M. Naufal Rachmatullah, "Short Term Electrical Energy Consumption Forecasting using RNN-LSTM," *ICECOS 2019 - 3rd Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Proceeding*, pp. 287–292, 2019, doi: 10.1109/ICECOS47637.2019.8984496.
- [10] M. Bicego, A. Farinelli, E. Grosso, D. Paolini, and S. D. Ramchurn, "On the distinctiveness of the electricity load profile," *Pattern Recognit.*, vol. 74, pp. 317–325, 2018, doi: 10.1016/j.patcog.2017.09.039.
- [11] U. Ugurlu, B. Ulengin, and O. Tas, "BASIC TIME SERIES PATTERNS OF TURKISH," in *The 2016 WEI International Academic Conference Proceedings*, 2016, pp. 176–194.
- [12] U. Ali, C. Buccella, and C. Cecati, "Households Electricity Consumption Analysis with Data Mining Techniques," in *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2016, pp. 1–6, doi: 10.1109/IECON.2016.7793118.
- [13] R. Damayanti, Abdullah. A.G., W. Purnama, and A. B. . Nandiyanti, "Electrical Load Profile Analysis Using Clustering Techniques," in *IOP Conference Series : Material Science and Engineering*, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- [14] N. I. A. Tawalbeh, "Daily load profile and monthly power peaks evaluation of the urban substation of the capital of Jordan Amman," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 37, no. 1, pp. 95–102, 2012, doi: 10.1016/j.ijepes.2011.12.010.
- [15] J. Harlan, *Data kosong dan Imputasi Ganda*, 1st ed. Depok: Penerbit Guna Darma, 2016.

- [16] E. Yuniarti, W. Wardiman, W. Wirangga, and B. Alfarezi, "Peningkatan Akurasi pada Prediksi Beban Listrik Menggunakan Metode Moving Average," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 1, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i1.2605.