

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan signifikan setiap tahunnya, didorong oleh pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, industri, dan rumah tangga. Kondisi ini memberikan tekanan besar kepada sistem kelistrikan, terutama saat beban puncak. PT PLN, sebagai penyedia utama listrik di Indonesia, menghadapi tantangan dalam menjaga keseimbangan antara pasokan dan permintaan listrik yang terus berubah. Wilayah operasional seperti PLN Medan memiliki jumlah pelanggan yang tinggi, yaitu dengan jumlah pemakaian listrik 283.561.557 Kwh dan dengan jumlah pelanggan rumah tangga mencapai 519.347 (*kota-medan-dalam-angka-2024*). Dari data penggunaan dan jumlah pengguna listrik tersebut dapat memungkinkan terjadi beban puncak.

Beban puncak merupakan kondisi di mana daya listrik tertinggi yang terjadi dalam periode tertentu. Beban puncak sering terjadi karena konsumsi energi listrik yang tinggi pada jam tertentu secara bersamaan, salah satu penyumbang beban puncak yaitu penyulang GG 5, dengan beban yang dilayani yaitu sekolah, rumah tangga, restoran. Data observasi dari PLN mengatakan Medan konsumsi listrik rumah tangga pada masyarakat tertinggi pada pukul 12 siang sampai pukul 3 sore yaitu dengan jumlah 880 KWh. Salah satu solusi untuk mengatasi beban puncak adalah *Demand side*

management dengan metode *load shifting* dan *time of use*.

Demand side management merupakan teknik optimasi dan kebijakan yang diterapkan untuk mengelola dan mengatur permintaan listrik dari sisi konsumen, dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi beban puncak, dan mengoptimalkan penggunaan listrik (Bakare dkk., 2023). *Demand side management* memiliki beberapa metode yaitu *load shifting*, *valley filling*, *strategic load growth*, *peak clipping* dan *strategic load conservation*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *load shifting* yang dilakukan untuk mengoptimalkan beban puncak dengan menggunakan strategi *time of use* melalui penggunaan algoritma *bee colony* sebagai alat perhitungan untuk menghasilkan solusi yang optimal.

Penelitian terkait yang membahas tentang *load shifting* dan *time of use* (TOU) menurut (Li dkk., 2019) membahas tentang pendekatan inovatif dalam pengelolaan tarif listrik berbasis waktu (*time of use*) yang fleksibel, disesuaikan dengan pola permintaan beban dinamis serta menggunakan *Artificial Bee colony* (ABC) sebagai alat perhitungan optimisasi yang optimal. Penelitian lainnya yang terkait yaitu menurut (Zhou dkk., 2024), membahas tentang penerapan strategi *demand response* (DR) untuk beban rumah tangga dengan memanfaatkan algoritma *bee colony* untuk mengoptimalkan konsumsi energi guna meminimalkan biaya listrik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini berhasil mengalihkan hingga 50% konsumsi pada jam puncak ke waktu non-puncak. Selain itu, nilai elastisitas yang negatif menandakan bahwa pelanggan cenderung menurunkan konsumsi saat tarif meningkat, mendukung efektivitas kebijakan TOU. Oleh karena

itu, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi dalam bentuk model teknis optimasi konsumsi energi, tetapi juga menjadi masukan dalam perumusan kebijakan tarif listrik dinamis berbasis data aktual di sistem distribusi Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Masalah pada penelitian ini yang sudah teridentifikasi antara lain

1. Beban puncak yang disebabkan oleh tingginya pemakaian energi listrik pada jam (periode) tertentu.
2. Efisiensi energi yang menurun akibat beban puncak di PT PLN Medan.
3. Adanya peningkatan emisi karbon yang disebabkan oleh beberapa pembangkit cadangan yang beroperasi dan melonjaknya biaya pembangkit akibat beban puncak.
4. Kurangnya kesadaran masyarakat terhadap manajemen energi di wilayah PLN Medan.
5. Beban puncak mengakibatkan kurang seimbangnya daya pada sisi pengirim dan penerima (*demand*) sehingga harus menggunakan pembangkit cadangan.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah

1. Penelitian ini difokuskan pada PT PLN di Kota Medan.
2. Pendekatan yang digunakan adalah strategi *Demand Side Management* (DSM) melalui metode *load shifting* berbasis tarif *Time of Use* (TOU).
3. Proses optimasi dilakukan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC).

4. Data beban yang dianalisis merupakan data harian selama 24 jam dengan interval per jam.
5. Penelitian difokuskan pada perencanaan jangka pendek (*short term*) tanpa mempertimbangkan skenario tahunan atau musiman
6. Penentuan tarif dinamis dilakukan dengan menggunakan metode *Time of Use* (TOU) yang mengklasifikasikan waktu penggunaan listrik menjadi beberapa kategori waktu (*off-peak*, *mid-peak*, dan *on-peak*) sesuai dengan karakteristik beban di wilayah tersebut.
7. Analisis grafik beban harian hanya membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi tarif ToU dan *load shifting*, tanpa melibatkan evaluasi terhadap dampak ekonomi, sosial, atau teknis secara menyeluruh pada sistem kelistrikan secara makro.

1.4 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana pola profil beban harian pelanggan pada penyulang GG 5 Gardu Induk Glugur dan waktu terjadinya beban puncak yang signifikan?
2. Bagaimana struktur tarif *Time of Use* (TOU) yang optimal dapat disusun berdasarkan karakteristik beban aktual di sistem distribusi tersebut?
3. Bagaimana algoritma *Artificial Bee colony* (ABC) digunakan untuk menentukan waktu TOU dan proporsi *load shifting* yang efisien?
4. Bagaimana pengaruh penerapan TOU terhadap perubahan konsumsi energi, ditinjau melalui perhitungan elastisitas tarif?

5. Bagaimana perubahan dan perbandingan profil beban harian pelanggan sebelum dan sesudah diterapkannya skema *load shifting* berbasis TOU?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang terdapat pada penelitian ini adalah

1. Menganalisis pola beban konsumsi energi listrik selama 24 jam pada penyulang GG 5 Gardu Induk Glugur guna mengidentifikasi waktu terjadinya beban puncak.
2. Menyusun dan mensimulasikan struktur tarif TOU berdasarkan kategori waktu (*off-peak*, *mid-peak*, *on-peak*) yang disesuaikan dengan karakteristik beban aktual.
3. Mengoptimalkan penjadwalan beban listrik dan proporsi shifting menggunakan algoritma *Artificial Bee colony* (ABC).
4. Menghitung nilai elastisitas harga listrik sebagai indikator respons konsumen terhadap perubahan tarif TOU.
5. Mengevaluasi efektivitas strategi TOU dan *load shifting* melalui analisis perbandingan profil beban sebelum dan sesudah diterapkannya skenario optimasi.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh setelah melakukan penelitian ini adalah

A. Manfaat Teoritis

- 1 Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang sistem tenaga listrik, khususnya terkait dengan penerapan *Demand side Management* (DSM) menggunakan metode *load shifting* dan *time of use*.
- 2 Memperkaya referensi akademik terkait pemanfaatan algoritma *bee colony* dalam optimasi pengelolaan energi listrik.
- 3 Mendukung pengelolaan beban listrik yang lebih efisien untuk mengurangi beban puncak.

B. Manfaat Praktis

- 1 Mengoptimalkan pengoperasian sistem kelistrikan dengan biaya yang lebih rendah melalui implementasi DSM.
- 2 Membantu pelanggan dalam mengelola konsumsi energi listrik secara efisien melalui program *Time of use*, sehingga dapat mengurangi biaya tagihan listrik.