

INTISARI

Penerapan *Demand Response* (DR) dalam sistem *smart grid* menjadi strategi penting dalam mendukung keseimbangan suplai dan *demand*, terutama dari sisi *demand*. *Demand response* melalui stimulus variasi tarif listrik bertujuan untuk memotivasi pelanggan untuk melakukan penyesuaian konsumsi listrik. Namun, adanya penyesuaian konsumsi listrik akan bergantung pada tingkat fleksibilitas pelanggan. Hal tersebut berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan karena manusia cenderung tidak suka diperintah untuk menyesuaikan konsumsi listrik atau memindahkan waktu penggunaan energi listriknya.

Salah satu strategi untuk menerapkan DR adalah *load shifting*, yang bisa ditinjau dari sisi utilitas maupun pelanggan. Pada tugas akhir ini, permasalahan DR akan diselesaikan dengan metode *Linear Programming* (LP) dan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). Pendekatan demand response model *load shifting* yang diimplementasikan oleh pihak utilitas atau pelanggan secara langsung mampu meningkatkan efisiensi konsumsi energi listrik pada sektor industri dan rumah tangga. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *load shifting* oleh utilitas terhadap pelanggan industri dapat menurunkan beban puncak hingga 5,41%, meningkatkan *load factor* hingga 5,72%, dan menghasilkan penghematan tagihan listrik sebesar 1,69%, saat aspek fleksibilitas belum dipertimbangkan. Namun, apabila aspek fleksibilitas dipertimbangkan maka terdapat *trade off* antara penghematan biaya energi dan fleksibilitas pelanggan yang berkaitan dengan kenyamanan. Seiring bertambahnya bobot fleksibilitas yang dirasakan pelanggan, kemampuan sistem untuk melakukan *shifting* menjadi terbatas. Selain itu, *load shifting* berbasis penjadwalan beban oleh pelanggan mampu mengalihkan operasi peralatan ke periode tarif rendah. Pada kondisi tidak mempertimbangkan kenyamanan pelanggan, pendekatan ini berhasil menurunkan beban puncak hingga 31,6% dan mengurangi total tagihan listrik sebesar 5,96%, tanpa memengaruhi total energi yang dikonsumsi. Ketika faktor fleksibilitas seperti delay operasi dipertimbangkan, pelanggan cenderung mengurangi fleksibilitas dalam menjadwalkan beban demi mempertahankan kenyamanan, yang mengakibatkan kenaikan tagihan listrik. Secara keseluruhan, *load shifting* yang dilakukan utilitas lebih tepat digunakan untuk manajemen beban pada level sistem makro, sedangkan *load shifting* berbasis penjadwalan beban lebih ideal diterapkan langsung oleh pelanggan dengan menyesuaikan pada tingkat fleksibilitas dan sifat operasional dari tiap peralatan.

Kata kunci : *Demand Response*, tagihan listrik, fleksibilitas, *Linear Programming*, *Mixed Integer Linear Programming*

ABSTRACT

The implementation of Demand Response (DR) in smart grid systems is an important strategy in supporting the balance of supply and demand, especially from the demand side. Demand response through the stimulus of electricity tariff variation aims to motivate customers to adjust their electricity consumption. However, the adjustment of electricity consumption will depend on the level of flexibility of the customer. This has the potential to cause discomfort because humans tend to dislike being ordered to adjust electricity consumption or move the time of using electrical energy.

One of the strategies to implement DR is load shifting, which can be viewed from both the utility and customer side. In this research, the DR problem will be solved using the Linear Programming (LP) and Mixed Integer Linear Programming (MILP) methods. The demand response model load shifting approach implemented by the utility or customer is directly able to improve the efficiency of electrical energy consumption in the industrial and household sectors. This study shows that the implementation of load shifting by utilities to industrial customers can reduce peak load by 5,41%, increase load factor by 5,72%, and generate electricity bill savings of 1,69%, when the flexibility aspect is not considered. However, when the flexibility aspect is considered, there is a trade off between energy cost savings and customer flexibility. As the weight of customer perceived flexibility increases, the system's ability to perform shifting becomes limited. In addition, load shifting based on load scheduling by customers is able to shift equipment operation to low tariff periods. Under the condition of not considering customer flexibility, this approach succeeded in lowering the peak load by 31,6% and reducing the total electricity bill by 5,96%, without affecting the total energy consumed. When flexibility factors such as operation delay are considered, customers tend to reduce flexibility in scheduling load to maintain convenience, resulting in an increase in electricity bills. Overall, utility-based load shifting is more appropriate for load management at the macro system level, while load scheduling-based load shifting is more ideally implemented directly by customers by adjusting to the level of flexibility and operational properties of each equipment.

Keywords : Demand Response, electricity bill, flexibility, Linear Programming, Mixed Integer Linear Programming