

PENGAJIAN BEBERAPA ALGORITMA UNTUK MENGEVALUASI DAN MENGHITUNG LOSSES ENERGI PADA SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Hamzah Hilal

Jl. MH. Thamrin No. 8 Gedung II Lantai 20, , PTKKE-Deputi Bidang TIEM BPPT
E-mail: taura889@yahoo.com

Abstract

This paper presents an assessment of some algorithms to evaluate and costing energy losses in electrical power distribution systems. The algorithms had considered the accuracy and computational speed as variables. A simplified feeder serving large residential and industrial loads is used to test the algorithms, and the results for each algorithm are compared.

Kata kunci: losses energi, sistem distribusi tenaga listrik

1. PENDAHULUAN

Rugi-rugi (losses) energi pada sistem distribusi kadang-kadang perlu dihitung untuk tujuan seperti studi perencanaan dan investasi, penaksiran tarif, dan analisis biaya suplai kepada pelanggan tertentu. Selama beberapa tahun terakhir ini, beberapa teknik telah diperbaharui untuk menentukan dan menghitung biaya losses pada tingkat distribusi tenaga listrik. Beberapa alasan yang melatarbelakangi hal ini antara lain mencakup naiknya ketersediaan kebutuhan data sistem, turunnya biaya dan adanya perbaikan dalam kecepatan eksekusi perangkat keras komputer, dan naiknya insentif terhadap efisiensi maksimum.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis losses energi yang sudah tersedia, yang secara umum dapat dibagi dalam dua kategori besar yaitu:

a. Teknik paling populer yang melibatkan derivasi formula empiris yang memungkinkan losses direlasikan pada pembebanan sistem. Metode seperti ini yang sangat luas digunakan adalah formula faktor losses empiris yang dikemukakan pertama kali oleh Buller, dan Woodrow, 1982. Untuk suatu saluran atau transformator yang diberikan, asalkan faktor beban diketahui, suatu faktor losses dapat ditentukan dengan menggunakan suatu persamaan yang koefisien-koefisiennya diturunkan secara empiris. Disini faktor losses dikalikan dengan losses pada waktu beban puncak akan memberikan losses rata-rata. Metode ini tidak memerlukan kuantiti data yang besar (banyak) dan penggunaannya sangat sederhana. Pendekatan ini tidak menimbang losses tanpa beban, dan karena koefisien-koefisien losses merupakan suatu fungsi dari bentuk beban maka metode ini tidak cocok

untuk suatu studi yang topologi pembebanannya berubah-ubah, atau yang losses marginalnya diperlukan.

b. Metode yang populer lainnya untuk menghitung losses adalah yang melibatkan penggunaan simulasi komputer pada kondisi pembebanan yang berbeda, seperti metode yang dikembangkan oleh Sun et al, 1992. Metode ini dapat memberikan hasil yang sangat akurat, walaupun dapat diperdebatkan bahwa kunci kesuksesannya terletak pada kemudahan dan fleksibilitas dalam menangani dan memanipulasi data input yang cukup besar.

Algoritma yang dipresentasikan disini masuk dalam kategori kedua di atas, dan menggunakan suatu simulasi statik untuk memodel sistem pada interval waktu secara reguler.

2. BAHAN DAN METODE

Algoritma-algoritma sebagai bagian dari paket simulasi dan analisis ekstensif untuk sistem distribusi telah dikembangkan oleh Ozveren, C.S., et al., 2010, dan metode ini menggunakan banyak data yang harus ditangani dan dimanipulasi. Pada bagian inti dari paket terdapat program aliran daya dengan menggunakan metode Newton-Raphson yang dikembangkan khusus untuk jaringan distribusi yang mensimulasi sistem pada interval diskrit sesuai dengan historis atau prakiraan profil kebutuhan beban. Model jaringan sendiri tidak mengikutkan losses tanpa beban pada transformator, dan perubahan-perubahan beban sesuai dengan kondisi tegangan.

Solusi aliran daya dapat menunjukkan losses daya secara langsung pada setiap komponen jaringan untuk setiap langkah simulasi. Losses-losses ini diintegrasikan untuk memperoleh losses energi selama selang waktu yang ditentukan. Biaya-biaya losses kemudian ditentukan melalui

penerapan vektor biaya yang didefinisikan sebagai biaya satuan dari energi yang terpakai terhadap masing-masing waktu interval. Ini akan menjaga fleksibilitas yang cukup untuk menggunakan struktur tarif yang mungkin terjadi di masa yang akan datang. Algoritma yang pertama dari ketiga algoritma di atas menggunakan suatu analisis losses secara penuh. Kedua algoritma lainnya menggunakan teknik untuk mereduksi jumlah solusi aliran daya yang diperlukan dan karena itu juga akan menurunkan waktu komputasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan algoritma pertama, evaluasi losses penuh, memerlukan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Kebutuhan data input. Algoritma menggunakan suatu skema alokasi beban yang fleksibel yang ditujukan untuk membuat penggunaan penuh data yang tersedia untuk menentukan profil kebutuhan yang melingkupi waktu yang ditinjau pada setiap titik beban. Pencatat data dapat digunakan apabila tersedia, dan apabila hal ini tidak tersedia, maka informasi dari arsip-arsip rekening konsumen dapat digunakan untuk memperkirakan profil kebutuhan.

b. Prosedur algoritma adalah:

- Teknik aliran daya diterapkan dengan profil beban pada interval waktu reguler, dan dari aliran daya ini losses daya dapat diperoleh secara langsung.
- Biaya losses dihitung dengan mengintegrasikan losses untuk masing-masing interval waktu kemudian mengalikannya dengan tingkat satuan yang sesuai. Sebagai contoh, C_d , losses yang dihitung pada setiap interval waktu setengah jam untuk suatu hari tertentu, d , diberikan oleh:

$$C_d = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{48} C_i L_i \quad (1)$$

dimana C_i dan L_i masing-masing merupakan biaya satuan dan losses selama interval i .

Pelaksanaan algoritma kedua, evaluasi losses dengan menggunakan profil harian standar, dilakukan untuk mereduksi jumlah solusi aliran daya yang diperlukan pada algoritma pertama untuk periode studi yang lama, juga untuk mengurangi waktu komputasi pada jaringan sistem yang besar. Algoritma kedua mencapai suatu penurunan jumlah aliran daya yang diperlukan dengan mengasumsi bahwa profil beban individu dapat dimodelkan dengan menggunakan sejumlah kecil kurva-kurva beban harian standar yang terkait dengan hari-hari tertentu dari suatu minggu (pekan) atau musim. Studi-studi aliran daya

dilakukan dengan asumsi profil harian ini, dan hasil-hasilnya digunakan untuk memperkuat estimasi losses selama periode studi.

Jumlah minimum dari kurva-kurva beban harian ini yang diperlukan untuk memodel bentuk beban dalam suatu tahun adalah 2 yaitu profil beban untuk hari kerja dan hari libur. Algoritma kedua memberikan fleksibilitas dalam jumlah dan lingkup dari kurva-kurva yang didefinisikan, dan ini dapat dilihat pada langkah-langkah penyelesaian algoritma kedua sebagai berikut:

a. Kebutuhan data input adalah:

- Kurva-kurva beban standar untuk mendefinisikan bentuk kebutuhan pada setiap beban.
- Suatu profil beban sistem aktual yang diambil pada beberapa waktu acuan selama periode studi setiap hari, sebagai contoh, suatu kurva tahunan dari kebutuhan pada jam 12 siang hari, untuk dapat melakukan skala hasil-hasil.

b. Prosedur algoritma adalah:

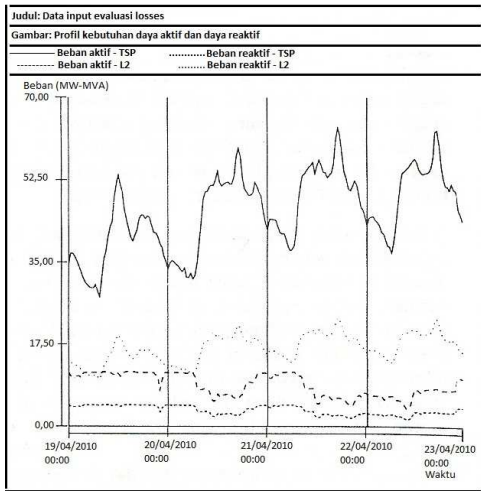
- Untuk setiap kurva-kurva beban harian standar, aliran daya dilaksanakan setiap interval secara reguler, setiap setengah jam sebagai contoh. Ini akan menghasilkan losses, $L_{a,i}$, untuk sistem pada setiap interval, yang terkait dengan beban asumsi.
- Biaya losses untuk setiap kurva beban standar, $C_{a,i}$, ditentukan dengan mengalikan losses selama setiap setengah jam dengan biaya atau tarif, C_i , yang sesuai dengan waktunya itu, dan untuk waktu selama periode 24 jam pada saluran ke k , dapat ditulis:

$$(C_{a,i})_k = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{48} (L_{a,i})_k C_i \quad (2)$$

- Beban sistem yang diukur pada beberapa waktu acuan setiap hari dari periode studi dialokasikan, dan kemudian studi aliran daya dilakukan pada setiap titik untuk memberikan losses aktual, $L_{akt,ref}$, untuk sistem pada waktu acuan setiap hari dari periode studi.
- Losses aktual sepanjang suatu hari tertentu diperoleh dengan mengalikan nilai-nilai losses asumsi dengan rasio dari losses aktual terhadap losses asumsi pada titik acuan untuk hari itu,

$$L_{akt} = L_a \left(\frac{L_{akt,ref}}{L_{a,ref}} \right) \quad (3)$$

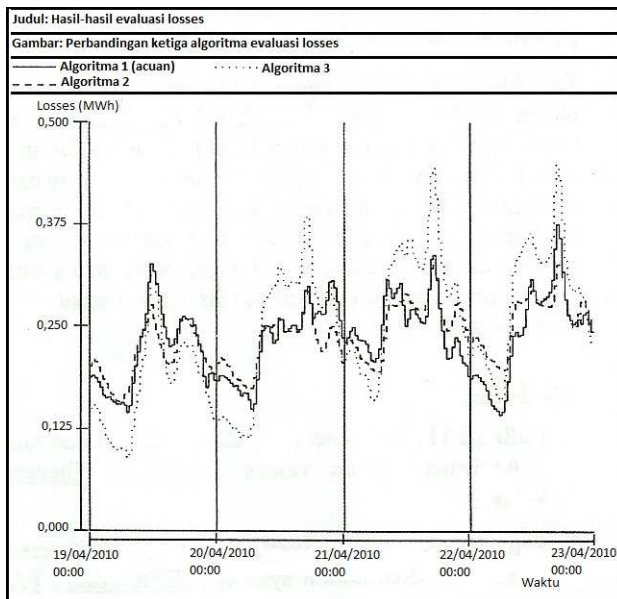
Losses aktual pada waktu acuan merupakan suatu angka yang akan digunakan untuk melakukan skala profil losses asumsi. Biaya harian losses juga diskala dengan cara yang



Gambar 2. Profil kebutuhan studi

Analisis losses dengan menggunakan algoritma pertama dan data kebutuhan yang diukur dilakukan selama 4 hari kerja untuk menyediakan suatu acuan terhadap kedua algoritma lainnya yang kemudian menjadi bahan perbandingan.

Suatu perbandingan losses untuk setiap setengah jam dari periode studi yang diperoleh dengan menggunakan ketiga algoritma diilustrasikan pada gambar 3. Algoritma kedua yang menggunakan profil asumsi untuk hari-hari kerja dan libur, diturunkan dengan mengambil rata-rata dari data sebelumnya. Algoritma ketiga didasarkan pada koefisien losses yang dihitung dari suatu aliran daya acuan yang dijalankan pada jam 18.00 pada hari pertama periode studi. Suatu perbandingan losses sistem total selama periode 4 hari yang diperoleh dengan menggunakan ketiga algoritma diberikan pada tabel 1.



Gambar 3. Perbandingan hasil-hasil losses

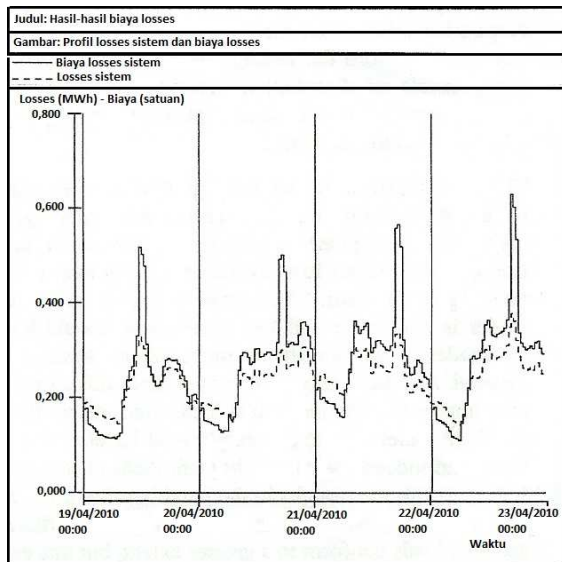
Tabel 1 Perbandingan losses sistem total

Algoritma	Profil 4 hari		Profil 1 bulan	
	MWh	Error (%)	MWh	Error (%)
Pertama	45,0		298,1	
Kedua	45,7	1,5	299,0	0,3
Ketiga	47,3	4,9	304,7	2,2

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa profil losses untuk algoritma kedua agak sesuai dengan profil acuan. Perbedaan timbul ketika bentuk beban untuk suatu hari tertentu menyimpang dari rata-rata atau profil asumsi. Pada jaringan distribusi dengan tingkat yang lebih rendah (distribusi sekunder, 220 V) penyimpangan seperti ini akan berarti, tetapi cenderung saling menghilangkan ketika seluruh periode dijumlahkan.

Hasil-hasil test juga menunjukkan bahwa walaupun losses total yang diberikan oleh algoritma ketiga menunjukkan keakurasian yang cukup baik, perbedaan pada beberapa bagian tertentu dalam satu hari cukup besar. Penggunaan koefisien losses linier sederhana memberikan kenaikan error yang cukup berarti. Profil losses suatu feeder (penyulang) merupakan suatu fungsi yang nonlinier, karena itu koefisien losses secara ideal seharusnya dimodelkan sebagai fungsi nonlinier dari kuadrat beban sistem. Sumber yang penting lainnya pada kasus ini adalah asumsi bahwa beban-beban individu memenuhi atau sesuai dengan bentuk beban sistem. Pada kasus kajian ini, beban L2 tidak sesuai, dan karenanya beban-beban puncak malam hari dari profil ini datang bersamaan dengan profil beban L3 sebelumnya. Keakurasian yang lebih baik akan diperoleh pada sistem dimana beban-beban individu sangat sesuai atau mendekati beban sistem, tetapi disini dapat dilihat bahwa terdapat potensi kesukaran penggunaan asumsi yang sederhana dalam pemodelan sistem distribusi yang penyebaran bebannya dapat ditimbang.

Pada gambar 4 dapat dilihat biaya losses yang dihitung dengan menggunakan algoritma pertama. Waktu komputasi pada komputer desktop untuk menjalankan algoritma dengan sistem yang telah dikaji diberikan pada tabel 2 untuk periode studi 1 bulan dan 1 tahun.



Gambar 4. Biaya losses sistem

Tabel 2 Waktu komputasi (menit)

Algoritma	Satu bulan		Satu tahun		
	Alir. daya	Hitungan	Alir. daya	Hitungan	Total
Pertama	3,1	1,2	37,6	14,0	51,6
Kedua	0,4	1,1	1,1	12,8	13,9
Ketiga	0,0	0,6	0,0	6,6	6,6

4. KESIMPULAN

Pada makalah ini telah dijelaskan tiga algoritma dengan variabel keakurasian dan kecepatan komputasi untuk mengevaluasi losses energi pada sistem distribusi tenaga listrik. Losses dapat dihitung pada bagian mana saja dari suatu jaringan distribusi atau pada suatu jaringan secara keseluruhan.

Algoritma pertama memerlukan komputasi secara intensif namun hasil-hasilnya memberikan keakurasian yang tinggi. Gambaran pada tabel 2 menunjukkan algoritma ini cocok untuk suatu studi interaktif pada subsistem yang kecil atau untuk analisis penuh pada sistem yang besar apabila gambaran perkiraan sudah diperoleh dengan menggunakan algoritma yang lebih cepat. Simulasi sistem dengan menggunakan profil beban individu ditentukan oleh penyebaran beban, perubahan topologi, dan berubah-ubahnya losses karena tegangan.

Algoritma kedua memberikan hasil-hasil dengan keakurasian yang dapat diterima dengan suatu penurunan yang cukup berarti pada data input yang diperlukan dan waktu komputasi. Algoritma ini sangat cocok untuk diterapkan pada sistem-sistem dimana profil-profil beban individu menunjukkan suatu bentuk yang berulang, dan terdapat penyebaran beban.

Algoritma ketiga cocok untuk studi interaktif yang hasil-hasilnya diperlukan secara cepat. Asumsi bahwa beban-beban sesuai dengan bentuk-bentuk beban sistem menghasilkan penurunan keakurasian ketika diterapkan pada sistem distribusi dimana beban-beban individu tidak sesuai, karena itu algoritma memerlukan suatu alat untuk melakukan pengkajian strategi alternatif. Suatu algoritma yang lebih akurat dapat dijalankan untuk mengkonfirmasi hasil-hasil bila suatu strategi telah diadopsi.

DAFTAR PUSTAKA

- AS Pabla, 1981. Electric Power Distribution.
- Buller, F.H, Woodrow, C.A.,1982. Load Factor – Equivalent Hours Values Compared, Electrical World, 1982.
- Gonen, T, 1996. Electric Power Distribution Power Engineering, McGraw-Hill, New York.
- Hilal, H., 2010. Pengoperasian Optimal Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, Prosiding Seminar Nasional Mesin Dan Industri (SNMI6) 2010.
- Munashinge, M, 1990. Electric Power Economics, Butterworths.
- Ozveren, C.S., et al., 2010. An Integrated Problem Solving Environment for Distribution System Planning, Electrical World.
- Sun, D.I.H., et al, 1992. Calculation of Energy Losses in a Distribution System, IEEE Trans., PAS-99, 1340-1356.
- Tagare, D.M, 2004. Reactive Power Management, plenum Press, Tata McGraw-Hill.