

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Defisit daya listrik merupakan persoalan krusial yang dewasa ini dihadapi oleh PLN dan belum dapat sepenuhnya terpecahkan. Pemadaman bergilir kemudian dilakukan untuk menghindarkan sistem mengalami pemadaman total (*totally black out*). Penurunan kualitas daya merupakan persoalan lain yang diantaranya disebabkan oleh kekurangan pasokan daya listrik tersebut. Penurunan kualitas dimaksud meliputi profil tegangan yang buruk, frekwensi tegangan yang tidak stabil serta distorsi harmonik yang berlebihan. Ketika kontinyuitas pasokan masih merupakan persoalan, hal-hal yang berkaitan dengan persoalan kualitas daya untuk sementara biasanya "diabaikan".

Selain kekurangan pasokan daya, susut daya pada jaringan merupakan sebab yang berkontribusi defisit daya listrik. Data real di lapangan menunjukkan bahwa secara umum nilai susut daya melebihi estimasi yang ditetapkan oleh PLN (Kompas 10/03/2006; Suara_Merdeka Senin, 23 Agustus 2004). Kehilangan daya dalam jumlah besar ini pada gilirannya mengakibatkan kerugian finansial yang cukup signifikan. Berangkat dari indikasi tersebut, berbagai upaya kemudian dilakukan untuk meningkatkan efisiensi operasi sistem tenaga listrik. Pada sisi pembangkitan dilakukan penjadwalan optimal pembangkitan (Liao 2006; Liao and Tsao 2006; Sun, Zhang et al. 2006). Penjadwalan tersebut dilakukan untuk meningkatkan kemampuan pembangkitan dan menjamin kontinyuitas pasokan dengan biaya pembangkitan minimal. Pada sistem transmisi daya listrik dilakukan alokasi optimal daya reaktif untuk menekan rugi-rugi daya penyaluran dan mempertahankan profil tegangan (Jwo, Liu et al. 1999; Vaahedi, Tamby et al. 1999; Zhang, Liu et al. 2002). Pengaturan optimal aliran daya listrik (*optimal power flow*) juga dilakukan untuk menurunkan rugi daya penyaluran, mengoptimalkan kapasitas pembangkitan serta memperbaiki profil tegangan (Malange, Alves et al. 2004; Somasundaram, Kuppusamy et al. 2004; Wu, Rothleder et al. 2004).

Minimisasi susut daya dan perbaikan profil tegangan pada sistem distribusi daya merupakan salah satu upaya untuk mengatasi persoalan di atas. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan pengendalian daya reaktif/tegangan, yang secara teknis dapat dilakukan dengan pengaturan sadapan LTC dan penjadwalan operasi kapasitor tersaklar. Strategi perencanaan ini diyakini efektif untuk meminimalkan susut daya dan memperbaiki profil tegangan (Grainger and Civanlar 1985).

Pengendalian optimal LTC dan kapasitor merupakan persoalan optimisasi pengambilan keputusan banyak langkah dengan variabel diskrit dan fungsi sasaran tak linier. Dalam perspektif matematis, tujuan optimisasi dapat dicapai dengan menentukan kombinasi terbaik status operasi komponen terkendali dengan memperhatikan pemenuhan kekangan operasi. Lebih jauh, pengendalian tersebut perlu dilakukan dengan sesedikit mungkin melakukan perubahan status kendali komponen tersaklar untuk mempertahankan usia peralatan (Roytelman, Wee et al. 1995).

Analisis aliran beban merupakan tulang punggung (*backbone*) pengendalian daya reaktif/tegangan karena merupakan perhitungan yang secara berulang dilakukan untuk evaluasi setiap kombinasi status komponen terkendali. Pada umumnya aliran beban diperhitungkan untuk sistem seimbang dengan asumsi jaringan dan beban dalam keadaan seimbang. Pada kondisi real, sistem dan beban pada umumnya sulit untuk dipertahankan seimbang karena karakteristik pemakaian beban oleh konsumen. Karenanya, perhitungan aliran beban perlu diperluas untuk sistem tak seimbang dengan secara komprehensif melibatkan ketiga fasa-nya. Dalam perhitungannya, analisis aliran beban tak seimbang akan meningkatkan dimensi persoalan dan meningkatkan beban komputasi. Lebih jauh, karakteristik sistem distribusi yang pada umumnya mempunyai konfigurasi radial dengan rasio R/X yang tinggi dapat mengakibatkan metode komputasi gagal untuk konvergen sehingga dibutuhkan metode komputasi lanjut untuk perhitungan tersebut (A.Ulinuha, Masoum et al. 2007).

Strategi untuk mengurai sistem tak seimbang agar mudah diselesaikan diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu: dekomposisi sistem tak seimbang menjadi komponen simetrisnya (Lo and Zhang 1993; Zhang and Chen 1994), dan pemanfaatan arus injeksi untuk pelepasan kopling antar fasa (Chen, Chen et al. 1991; Cheng and Shirmohammadi 1995; Lin and Teng 2000; Vieira, Freitas et al. 2004). Sedangkan teknik komputasi yang biasa digunakan untuk perhitungan aliran beban dikelompokkan menjadi dua metode, yaitu: Gauss-Seidel yang membutuhkan banyak iterasi dan progres kalkulasinya lambat (Teng 2002; Vieira, Freitas et al. 2004) dan Newton-Raphson yang meskipun mempunyai karakteristik konvergensi yang baik tetapi beban komputasi pada tiap iterasinya cukup rumit karena memerlukan perhitungan inverse pada Matriks Jacobian (Garcia, Pereira et al. 2000; Lin and Teng 2000; da Costa, de Oliveira et al. 2007).

Dalam penelitian ini, aliran beban sistem tak seimbang akan dianalisis menggunakan teknik propagasi maju-balik (*forward-backward propagation technique*). Metode ini bekerja langsung pada sistem tanpa adanya modifikasi, sehingga tidak memerlukan dekomposisi sistem menjadi komponen simetrisnya atau dekopling sistem kepada tiap fasanya (Thukaram, Wijekoon Banda et al. 1999). Metode ini telah pernah dipakai oleh pengusul untuk menyelesaikan perhitungan analisis aliran tak seimbang sistem IEEE 34-bus dengan kemampuan konvergensi yang baik (A.Ulinuha, Masoum et al. 2007). Analisis ketidakseimbangan sistem juga dilakukan pada sistem tersebut.

Program perhitungan aliran beban sistem tak seimbang akan dimanfaatkan untuk asesmen sejumlah kombinasi status operasi LTC dan kapasitor pada sistem distribusi. Kombinasi solusi tersebut akan dianalisis menggunakan program aliran beban untuk dilihat pengaruhnya pada penurunan susut daya jaringan dan perbaikan profil tegangan dalam kurun 24 jam. Pemenuhan tegangan pada batas-batas yang diijinkan juga dievaluasi untuk memastikan nilai tegangan sistem tidak melampaui batas-batas tersebut. Untuk keperluan tersebut, program aliran beban dijadikan subrutin dengan input status operasi komponen terkendali dan dengan output nilai

susut daya dan profil tegangan. Terdapat sejumlah besar kemungkinan solusi yang hasil perhitungannya perlu dibandingkan untuk dapat ditentukan solusi terbaik (Ghose and Goswami 2003; Carpinelli, Varilone et al. 2005).

Karena jumlah kemungkinan kombinasi yang hampir tak berhingga, evaluasi untuk setiap kemungkinan solusi hampir mustahil dilakukan. Karenanya diperlukan strategi komputasi untuk mendapatkan solusi optimal dengan waktu dan beban komputasi yang terjangkau. Pada penelitian ini diusulkan pengembangan metode optimisasi cerdas untuk pengendalian daya reaktif/tegangan secara optimal melalui penentuan status operasi LTC dan kapasitor. Metode optimisasi yang diusulkan adalah Algoritma Genetika, yang diketahui cukup *robust* untuk persoalan optimisasi yang sangat tidak linier (*highly nonlinear optimization problem*).

Algoritma genetika dikembangkan oleh John Holland (Holland 1975) dan merupakan metode optimisasi yang fleksibel dan *robust* serta mampu memberikan hasil optimisasi global. Metode ini kapabel menemukan solusi problem optimisasi kompleks yang biasanya sulit dipecahkan oleh metode optimisasi konvensional. Solusi optimal diperoleh melalui penelusuran yang berangkat dari sejumlah kemungkinan solusi dan secara rekursif memperbaiki solusi potensial melalui mekanisme seleksi dan modifikasi dengan menggunakan operator genetik. Penelusuran dilakukan terarah atas solusi-solusi prospektif dengan mempertimbangkan keseimbangan antara eksplorasi dan eksploitasi (Michalewics 1996).

Penyelesaian problem optimisasi menggunakan Algoritma Genetika diawali dengan konstruksi populasi awal yang terdiri atas sejumlah individu. Tiap individu merepresentasikan sebuah kemungkinan solusi dan akan dievaluasi berdasarkan parameter tingkat pencapaian sasaran dan pemenuhan kekangan. Seleksi merupakan langkah selanjutnya untuk menentukan individu yang diproyeksikan mengalami modifikasi melalui penyilangan untuk menghasilkan individu-individu baru. Untuk mempertahankan keragaman solusi, beberapa karakter (gen) dalam individu baru mengalami proses mutasi. Populasi baru kemudian terbentuk dan satu kurun generasi

telah terlewati. Populasi pada generasi yang baru siap untuk mengalami evaluasi dan keseluruhan proses akan kembali terulang. Individu-individu pada tiap generasi diharapkan mengalami perbaikan yang kurang lebih ekuivalen dengan perbaikan akan solusi-solusi. Sampai dengan generasi tertentu perhitungan dihentikan ketika tidak ada lagi perbaikan populasi dan individu terbaik akan diambil untuk dikonversikan menjadi solusi optimal (Ulinuha 2007).

Algoritma Genetika telah pernah dipakai oleh pengusul untuk menyelesaikan persoalan optimisasi dengan hasil yang cukup memuaskan (A.Ulinuha, Masoum et al. 2006; A.Ulinuha, Masoum et al. 2007; A.Ulinuha, Islam et al. 2008; Ulinuha, Masoum et al. 2008). Salah satu kelemahan Algoritma Genetika adalah proses seleksi yang ketat sehingga solusi prospektif bisa jadi tidak diperhitungkan karena tidak secara penuh mencapai sasaran dan mematuhi kekangan. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, Algoritma Genetika digabungkan dengan sistem Fuzzy agar memiliki karakteristik seleksi yang lebih lunak karena ukuran pencapaian sasaran dan pemenuhan kekangan yang ditentukan secara gradual. Efektifitas metode hibrida ini terutama karena kemampuannya untuk secara simultan mempertahankan solusi yang prospektif sambil memperbaiki solusi potensial. Metode Hibrida Algoritma Genetika-Fuzzy ini telah pernah digunakan oleh pengusul untuk penyelesaian persoalan optimisasi dengan hasil perhitungan yang menunjukkan perbaikan dibandingkan hasil optimisasi dari Algoritma Genetika (Ulinuha, Masoum et al. ; A.Ulinuha, Masoum et al. 2006; Ulinuha, Masoum et al. 2010). Meskipun integrasi sistem Fuzzy ke dalam Algoritma Genetika membuat tambahan prosedur dalam komputasi, beban dan waktu komputasi secara umum tidak bertambah secara signifikan.