

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Load Frequency Control*

LFC atau *Automatic Generation Control* (AGC) merupakan istilah yang mengarah ke arah yang sama. Konsep dari frekuensi kontrol pada pembangkit sangat erat kaitannya antara daya yang dibangkitkan dan daya yang dikonsumsi. Kelebihan daya pada generator sinkron akan menyebabkan akselerasi dan kecepatan rotasi bertambah sehingga akan menyebabkan nilai frekuensi deviasi menjadi positif. Begitu juga sebaliknya. Apabila daya yang dikonsumsi bertambah, dapat menyebabkan frekuensi deviasi menjadi negatif dan berkurang. Pengaturan kecepatan rotasi generator sinkron perlu diperhatikan supaya tidak mengalami kelebihan kecepatan maupun kekurangan kecepatan. Pengaturan ini dapat dilakukan melalui beberapa area kontrol pada LFC [14].

Kontrol frekuensi memiliki tiga area kontrol. Area kontrol yang pertama adalah area kontrol primer. Area kontrol yang kedua adalah area kontrol sekunder dan yang terakhir adalah area kontrol *tertiary*. Area kontrol pertama bertugas untuk mencegah penurunan frekuensi sebelum mencapai titik atas/titik bawah relai proteksi. Implementasi kontrol primer ada pada *governor droop* yang diambil dari *error steady state*. Kemudian kontrol sekunder adalah kontrol yang akan diuji coba pada penelitian ini yang diberikan PID pada area *control error*. Tujuan utama pengontrolan pada area sekunder adalah menjaga supaya frekuensi tetap kembali stabil pada nilai frekuensi tertentu. Jika rangkaian LFC menggunakan lebih dari satu area, maka perubahan *power* yang menuju *tie-lines* juga senantiasa terjaga. Sedangkan area kontrol *tertiary* adalah area yang dirawat secara langsung oleh mekanik atau elektrik yang bertugas [15].

Tiga kontrol di atas, dapat mengatur generator sinkron dan cocok untuk mengatur frekuensi serta efisien pada tradisional energi. Pada penggunaan energi di masa depan yang lebih modern, sistem ini tidak selalu baik. Pembangkit jaman sekarang, dituntut untuk lebih maksimal dalam mendistribusikan energi dengan jarak yang jauh secara cepat dan kuat. Beberapa daerah terpencil yang memiliki jarak lebih jauh dari daerah perkotaan di mana letak pembangkit listrik juga lebih dekat dengan daerah perkotaan dari pada daerah terpencil, memungkinkan sumber

listrik di daerah terpencil itu tidak dapat didapatkan secara maksimal. Dalam memaksimalkan sumber listrik, ada opsi yang bisa digunakan meskipun di daerah terpencil. Opsi tersebut dengan memaksimalkan energi terbarukan yang memiliki konsep *microgrid* [14].

Konsep *microgrid*, memungkinkan penggunaanya dapat mengontrol lebih dari pada saat menggunakan penyedia listrik yang dikelola oleh perusahaan. Tetapi konsekuensinya, harus siap dari segala gangguan yang akan menimpanya. Tentu saja ketika mengelola sendiri, keluaran listrik harus stabil. Hal ini sudah menjadi tugas yang sangat krusial dan wajib dilakukan untuk merawat perangkat-perangkat yang digunakan dalam rumah tangga. Kebanyakan konsep *microgrid*, menggunakan *renewable energy resources* seperti PV, *wind* turbin dan lain-lain. Beberapa pembangkit, mempunyai mesin sinkron yang memiliki *rotating masses* dan diperoleh generator. Tetapi PV tidak memiliki *rotating mass* tersebut. Melainkan menggunakan *converter* dan *inverter* untuk mempunyai sebuah frekuensi layaknya listrik AC [14].

Mengenai frekuensi pada konsep *microgrids* dan energi terbarukan, dibagi menjadi tiga grup. Ada kontrol frekuensi kontrol seperti *wind* generator dan *electrical vehicle*. Kemudian ada *energy storage system* yang berkontribusi untuk mengontrol frekuensi. Lalu selanjutnya ada permintaan kontribusi frekuensi kontrol (*demand side*). Dua grup yang pertama, cenderung mengeliminasi ketidakseimbangan daya pada sistem dengan cara memberikan pengaturan keluaran daya pada unit generator. Sedangkan grup yang terakhir, hingga saat ini masih perlu dikembangkan ke dalam sebuah pembangkit *microgrid* dan layak diinvestigasi lebih lanjut. Pada grup *demand side*, mengarah kepada komunikasi antara operator dan konsumen atau sebaliknya. Komunikasi yang dilakukan biasanya terkait dengan manajemen konsumsi listrik dan harga yang ditawarkan untuk sebuah listrik yang digunakan. Grup tersebut tidak dibahas lebih lanjut pada penelitian ini. Sehingga ada dua grup pertama saja yang akan dibahas [14].

2.2 Diesel Power Plant

Diesel menjadi penggerak utama dalam produksi listrik karena beberapa keunggulannya. Efisiensi termal pada ruang bakar internal milik diesel cukup tinggi. Bahkan mesin diesel terbesar bisa mencapai 50%. Angka 50% tersebut

bukanlah puncak efisiensi yang dimiliki mesin diesel. Melainkan dapat mencapai kisaran 40%-110%. Konversi bahan bakar yang efisien dapat diperoleh dengan cara menghubungkan sistem pembuangan panas ke dalam pembangkit jika ada ruang bakar atau proses penguapan di sekitar pembangkit.

Beberapa pembangkit diesel dioperasikan dengan diesel fuel oil (DFO) dan ada juga yang menggunakan *heavy fuel oil* (HFO). Penggunaan DFO umumnya digunakan pada kelas 1 sampai 2 MW. Sedangkan kapasitas mesin diesel yang di atas 5 MW, dioperasikan dengan HFO. Untuk diesel tradisional, ada jenis *low speed two stroke* dan *medium speed four stroke*. Pada negara Prancis di tahun 1995, menggunakan pembangkit diesel sejumlah 323 pembangkit dengan jenis masing-masing ada 300 pembangkit *medium speed four stroke* dan 20 *low speed two stroke*. Dua unit diesel terbesar *two stroke low speed* dibangun di Cordeiro tahun 1996. Dengan model 12K90MC-S yang berkapasitas lebih dari atau sama dengan 50 MW. Ukuran *bore* 900 mm dan *stroke* 2300 mm. Kecepatan rata-ratanya adalah 103,4 r/min [16].

2.3 Wind Power Plant

Pertimbangan bumi yang memiliki sumber daya yang terbatas, di mana kebutuhan akan suplai energi yang naik, perlu adanya energi terbarukan seperti *wind turbine*. Ada setidaknya 24.6% dari 2530 GW penggunaan *wind turbine* yang terpasang di seluruh dunia pada tahun 2019. Negara dengan energi terbarukan paling besar dipegang oleh Cina dan yang kedua dipegang oleh United States kemudian disusul Brazil, Kanada, India, Jerman, Rusia, Jepang, Norwegia dan Prancis. Energi angin ini diprediksi menjadi energi yang tumbuh dengan kuat karena kemampuan untuk menciptakan energi yang kompetitif dan sudah digunakan di 80 negara. Dari tahun 2018 ke 2019, penggunaan energi angin ini tumbuh sebesar 19% [17].

Cara menggunakan angin sebagai energi adalah dengan mengubah energi kinetik menjadi listrik. Mengingat energi angin yang cukup melimpah, murah dan tersebar luas di seluruh bumi serta bebas polusi. Tentu untuk memperoleh manfaat yang banyak, mengatur cara instalasi turbin, harga keseluruhan instalasi dan seberapa efisien instalasi energi angin tersebut. Selain dari instalasi, lokasi pemasangan turbin angin sangat berpengaruh terhadap performa listrik yang

dihasilkan. Meskipun angin tersebar luas di seluruh penjuru bumi, bukan berarti kecepatan angin dan intensitas angin memiliki nilai yang sama besar di seluruh wilayah di bumi. Oleh sebab itu, lokasi harus ditentukan secara matang. Memilih lokasi instalasi turbin angin tidaklah mudah. Mengingat angin merupakan fenomena yang tidak terkontrol dan tidak akan sama hari demi harinya. Hal ini berdampak pada hasil produksi listrik yang tidak sama juga [17].

2.4 Flower Pollination Algorithm (FPA)

Algoritma FPA merupakan sebuah algoritma komputasi *metaheuristic* yang diambil dari metafora bunga pada sebuah tanaman. Bunga digunakan untuk menampung organ reproduksi yang di dalamnya memiliki sel-sel reproduksi tanaman seperti serbuk sari dan bakal biji kemudian dapat menghasilkan benih berisi tanaman. Ada bunga yang mempunyai dua alat kelamin yaitu jantan dan betina, di mana jantan disebut benang sari dan betina disebut putik. Tetapi ada juga yang hanya memiliki satu kelamin saja. Bisa berupa putik atau benang sari. Dalam proses reproduksi bunga, disebut penyerbukan atau *pollination*. Proses reproduksi dapat terjadi secara sendiri karena disebabkan adanya angin atau dibantu oleh hewan. Jika reproduksi terjadi karena bantuan dari hewan, biasanya bunga tersebut memiliki dua kelamin.

Pada intinya, algoritma FPA bekerja seperti proses penyerbukan pada bunga. Diibaratkan kandidat dari suatu penyelesaian masalah adalah bunga itu sendiri. Kemudian proses penyerbukan silang dilakukan menggunakan *levy flight* yang bekerja dengan cara menjari solusi acak berdasarkan distribusi *levy*. Distribusi tersebut merupakan probabilitas yang digunakan untuk menggambarkan difusi anomali dan mampu bergerak mencari solusi dengan varian tak hingga sehingga dapat menemukan solusi yang efisien saat proses penelusuran. Distribusi *levy* ini tidak selalu digunakan untuk menemukan solusi. Ada dua cara yang digunakan pada algoritma FPA ini. Cara yang pertama adalah dengan menggunakan penyerbukan global dan penyerbukan lokal. *Levy flight* masuk ke dalam penyerbukan global. Penyerbukan lokal dilakukan secara sederhana yaitu dengan memilih dua solusi secara acak. Persamaan matematika *levy flight* biasanya menggunakan *mantegna algorithm* seperti yang ditunjukkan sebagai berikut.

$$s = \frac{U}{|V|^{\lambda-1}} \quad (1)$$

Di mana U dan V adalah sampel acak yang dibuat menggunakan normal distribusi tipe *gaussian* dengan rata-rata sama dengan nol. Distribusi normal dari U dan V adalah $U \sim (0, \sigma_u^2)$ dan $V \sim (0, \sigma_v^2)$ [18].

2.5 Particle Swarm Optimization (PSO)

Algoritma PSO merupakan teknik optimasi berbasis *swarm* atau kawanan hewan yang terdiri dari serangga, hewan ternak, burung dan ikan. Masing-masing kawanan hewan ini saling membantu untuk mencari makanan dan setiap salah satu kelompok hewan selalu mencari pola berdasarkan pengalaman yang diperoleh dari kelompok hewan lain. Ide utama dari algoritma ini berdamai dengan dua penelitian. Yang pertama dari algoritma evolusi dan yang kedua dari kehidupan buatan atau *artificial life*. Cara menggunakan kehidupan buatan sesuai dengan perilaku hewan, digunakan beberapa pendekatan dengan lima prinsip. Yang pertama adalah seberapa jauh makanan yang bisa dibawa oleh hewan. Yang kedua seberapa baik kualitas dari makanan. Yang ketiga sekelompok hewan tidak membatasi keberagaman jenis makanan. Yang keempat adalah dengan perilaku yang stabil meski lingkungan tempat tinggal ada yang berubah. Terakhir atau yang kelima adalah dengan kemampuan adaptasi yang baik karena lingkungan yang berubah-ubah. Prinsip yang terakhir ini adalah poin dari sistem kehidupan buatan. Adanya adaptasi diibaratkan dengan kemampuan kelompok hewan untuk mencari makanan pada PSO disebut pergantian posisi dan *velocity* berdasarkan lingkungan atau yang dimaksud dengan permasalahan yang akan diselesaikan sehingga dapat menyelesaikan permasalahan dengan baik.

Jumlah partikel atau dengan kata lain banyaknya kandidat pada PSO dinyatakan dengan istilah *swarm initialization*. Semakin banyak jumlah yang digunakan dapat memungkinkan untuk mendapat kandidat yang baik. Tetapi ada beberapa pertimbangan lain apabila terlalu banyak jumlah *swarm* yaitu salah satunya proses pencarian solusi yang memakan waktu lama. Tetapi lamanya waktu ini tergantung pada masalah yang akan diselesaikan. Beberapa masalah kecil yang tidak membutuhkan waktu lama jika *swarm* ditambahkan. Langkah setelah *initialization swarm* adalah menghitung nilai *fitness* dari masing-masing *swarm*.

Nilai *fitness* dihitung dengan persamaan fungsi objektif. Persamaan tersebut harus disesuaikan dengan masalah yang akan diselesaikan. Setelah itu, PSO harus mencari kandidat baru yang lebih baik dari iterasi sebelumnya sampai batas maksimal atas yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$v_{i+1} = v_i * \omega + c_1 * rand * (p_i - x_i) + c_2 * rand * (g_i - x_i) \quad (2)$$

Masing-masing nilai c_1, c_2 dapat ditentukan secara manual dan diberi kebebasan berapa pun nilainya. Adapun p_i, x_i, g_i masing-masing adalah nilai kandidat baru per iterasi, nilai kandidat atau *swarm* utama, kemudian yang terakhir adalah nilai terbaik yang dipilih dari x_i [19][20].

