

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Menurut Wirakusuma, Suryoatmojo, dan Wibowo [3], metode *quadratic programming* (QP) dapat digunakan untuk menentukan pembebanan tiap pembangkit dalam sistem *micro grid* sehingga akan didapatkan biaya yang paling minimum. Simulasi dilakukan menggunakan MATLAB dengan hasil ketika kondisi radiasi matahari dan kecepatan angin yang konstan akan mendapatkan total biaya yang lebih minimum dibandingkan ketika kondisi radiasi matahari dan kecepatan angin bervariasi.

Menurut Firmansyah, Wibowo, dan Soeprijanto [4], metode yang diterapkan untuk optimisasi *economic dispatch* (ED) adalah dengan menggunakan *quadratic programming* (QP). Simulasi dilakukan pada sistem IEEE 14 bus menggunakan *software* MATLAB. Hasil simulasi dan analisis menunjukkan bahwa program dapat memenuhi batasan yang ditentukan dan yang terbangkitkan oleh masing-masing unit pembangkit untuk tiap jamnya sesuai dengan jumlah daya beban yang dibutuhkan (*power balance*). Selain itu, daya yang dibangkitkan oleh masing-masing unit pembangkit memenuhi batas daya aktif yang mampu dibangkitkan.

Menurut Jihane dan Cherkaoui [5], metode yang diterapkan untuk optimisasi *economic dispatch* (ED) adalah dengan menggunakan *Backtracking Search Optimization Algorithm* (BSA). Simulasi dilakukan pada sistem IEEE 10 bus dan sumber energi terbarukan (solar energi dan *wind turbine*) menggunakan MATLAB dengan hasil ketika sistem yang terintegrasi lebih banyak menggunakan sumber energi terbarukan, maka konsumsi bahan bakar lebih minimum dibandingkan dengan sistem yang hanya menggunakan satu sumber energi terbarukan.

Menurut Segera [6], metode yang diterapkan untuk optimisasi *economic dispatch* (ED) adalah dengan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk meminimalkan konsumsi biaya bahan bakar dan kerugian yang ditimbulkan oleh sistem dalam bentuk pemotongan beban puncak. Simulasi dilakukan pada sistem IEEE 30 bus dengan penambahan solar energi dan media penyimpanan energi.

Berdasarkan beberapa studi literatur tersebut, metode QP memiliki proses komputasi yang cepat dan lebih mudah untuk digunakan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini metode QP akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ED yang diimplementasikan pada sistem IEEE 26 unit pembangkit termal dengan penambahan solar energi. Dengan penambahan solar energi dapat menghasilkan konsumsi bahan bakar yang minimal dari pada tanpa menggunakan energi terbarukan.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Economic Dispatch (ED)

Economic dispatch (ED) yaitu merupakan skema pada sistem tenaga listrik yang dengan menganalisis aliran daya optimal yang dilakukan untuk meminimalisir biaya serta mendapatkan biaya yang ekonomis dari operasi pembangkitan [7]. Pada ED, unit-unit pembangkit termal yang terdapat pada sistem dibagi secara optimal sehingga pada biaya operasi menjadi lebih minim, namun total beban yang diminta tetap dapat dipenuhi dengan memperhatikan hambatan-hambatan teknis serta operasional dari tiap unit pembangkit [8].

Dalam pengoperasiannya setiap dari unit pembangkit termal memiliki kriteria dan karakteristik yang berbeda-beda. Kriteria input dan output dari pembangkit memperlihatkan suatu hubungan antara input biaya bahan bakar (\$/Mbtu) dan output yang dihasilkan dari unit pembangkit (MW). Unit pembangkitan dapat dilakukan optimasi pengoperasian dengan memahami perbedaan karakteristik dari seluruh pembangkit. Secara umum, karakteristik input dan output unit pembangkitan diselesaikan dengan menggunakan fungsi polinomial orde dua [8] yaitu sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 2.1:

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \quad (2.1)$$

Dimana,

- F_i : Biaya bahan bakar unit i .
 i : Masing-masing unit pembangkit.
 a_i, b_i , dan c_i : Koefisien biaya bahan bakar dari unit i .
 P_i : Daya yang ditentukan untuk unit i .

Jadi, biaya total untuk seluruh unit pembangkit dalam pembangkitan listrik terdapat dalam persamaan (2.2). Dan untuk meminimalisasi penggunaan biaya bahan bakar pada pembangkitan total diperlukan nilai daya yang optimal dan dapat diselesaikan dengan persamaan (2.3) [9].

$$F_t = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) \quad (2.2)$$

Dimana,

- F_t : Total biaya bahan bakar.
 i : Masing-masing unit pembangkit.
 P_i : Pembangkitan dari unit i .
 n : Jumlah unit pembangkit.

$$\min F_t = \sum_{i=1}^n (a_i + b_i P_i + c_i P_i^2) \quad (2.3)$$

Dimana,

$\min F_t$: Minimal total biaya bahan bakar.

i : Masing-masing unit pembangkit.

$a_i, b_i,$ dan c_i : Koefisien biaya bahan bakar dari unit i .

P_i : Daya yang ditentukan untuk unit i .

2.2.2 Sel Surya

Sel surya adalah energi terbarukan yang dihasilkan dari sinar matahari yang kemudian dimanfaatkan sebagai sumber energi. Dengan berbagai macam proses, sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik yang dapat menunjang aktifitas manusia khususnya dalam kebutuhan listrik [10]. Radiasi sinar matahari dan temperatur lingkungan mempengaruhi daya listrik yang terbangkitkan oleh sel surya. Semakin tinggi intensitas radiasi sinar matahari mengenai sel surya, maka semakin tinggi daya listrik yang terbangkitkan [11]. Dalam penelitian ini digunakan sel surya yang memiliki rating 160 MW serta daya keluaran dari sel surya dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_{pv} = M \left\{ P_{STC} \frac{G_{ING}}{G_{STC}} (1 + K(T_c - T_r)) \right\} \quad (2.4)$$

Dimana,

P_{pv} : Daya keluaran dari modul saat radiasi G_{ING} (W).

P_{STC} : Daya maksimum modul saat STC (W).

G_{ING} : Radiasi aktual (W/m^2).

G_{STC} : Radiasi saat STC ($1000 W/m^2$).

M : Jumlah modul sel surya.

K : Koefisien suhu untuk daya modul ($\%/^{\circ}C$).

T_c : Suhu sel ($^{\circ}C$).

T_r : Referensi suhu ($25^{\circ}C$).

2.2.3 Batasan-batasan Dalam Pembangkitan Tenaga Listrik

Pengoperasian pembangkit tenaga listrik yang ekonomis harus memenuhi batasan-batasan atau *constraints* yang ada. Dalam penelitian ini *constraints* yang digunakan adalah *equality constraints* dan *inequality constraints*. *Equality constraint* merupakan batasan dari kesetimbangan daya yang dihasilkan saat pengoperasian unit pembangkit, yang mengharuskan daya total yang

dihasilkan oleh setiap unit pembangkit harus sesuai dengan jumlah kebutuhan beban konsumen [8], yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_R \quad (2.5)$$

Dimana,

P_i : Daya ouput pembangkit (MW).

P_R : Total beban pada sistem (MW).

Inequality constraint merupakan batasan yang mengharuskan daya *output* dari setiap unit pembangkit yang ada lebih besar atau sama dengan daya minimum yang diperbolehkan dan juga lebih kecil atau sama dengan daya maksimum yang diperbolehkan oleh batasan yang telah ditentukan pada tiap unit pembangkit [8]. Yang dapat dinyatakan sebagai persamaan berikut:

$$P_{i \min} \leq P_i \leq P_{i \max} \quad (2.6)$$

Dimana,

$P_{i \min}$: Batas minimal daya pembangkitan unit i .

$P_{i \max}$: Batas maksimal daya pembangkitan unit i .

P_i : Daya pembangkitan unit i .

Kemudian batasan pembangkitan oleh sel surya dapat dilihat pada persamaan 2.7 berikut :

$$P_V(t) \leq P_{Vmax}(t) \quad (2.7)$$

Dimana,

$P_V(t)$: Daya yang dibangkitkan oleh sel surya.

$P_{Vmax}(t)$: Daya pembangkitan maksimum dari sel surya.

2.2.4 Quadratic Programming (QP)

Quadratic programming (QP) merupakan salah satu metode dengan perhitungan optimasi. QP menyelesaikan permasalahan non linier dan memodelkannya ke dalam sebuah fungsi objektif. QP adalah salah satu metode optimisasi yang secara khusus digunakan untuk mengoptimalkan (meminimalkan atau memaksimalkan) masalah-masalah fungsi kuadrat dari beberapa variabel yang bergantung pada batasan linier pada variabel-variabel yang ditentukan [12]. Permasalahan optimisasi linier yang dibatasi dengan fungsi tujuan kuadrat disebut QP. Dengan fungsi objektif yang berupa persamaan kuadrat dan kekangannya berupa batasan linier, QP dapat menyelesaikan permasalahan optimasi [4].