

PENINGKATAN EFISIENSI BAHAN BAKAR PADA PEMBANGKIT TENAGA DIESEL (PLTD) MELALUI PERBAIKAN FAKTOR DAYA BEBAN: (Alternatif baru pengurangan emisi CO₂)

Syamsir¹⁾, Syarifuddin Nojeng¹⁾

¹⁾ Dosen Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

ABSTRACT

The contribution of the thermal power plant for CO₂ emissions was a crucial problem of global warming all over the world. Therefore, the emission reduction commitments continued to effort through treatments and technology to improve the efficiency of power plant including the diesel power plant. This paper proposes the power factor improvement to reduce the emission of the diesel power plant output. This Proposal has shown a relationship between the power factor improvement and the reduction of CO₂ emissions from a diesel engine. From the results obtained by using the IEEE 30-bus test system (modified) proved that there was a emissions reduction significantly especially on the rate of the power factor with power factor > 0.97 (lagging).

Keywords : *power factor, CO₂ emission reduction, diesel power plant.*

I. PENDAHULUAN

Kontribusi pembangkit tenaga listrik tenaga diesel (PLTD) dalam penyediaan tenaga listrik di Indonesia masih cukup tinggi. Umumnya PLTD banyak digunakan pada industri dan bisnis sebagai pembangkit cadangan di industri dan lainnya termasuk pula untuk daerah yang terisolir seperti pulau pulau kecil. Berdasarkan referensi yang dilaporkan pada [1] bahwa pembangkit thermal dengan bahan bakar coal, minyak dan gas merupakan kontributor utama penghasil emisi gas CO₂. Kebutuhan energi listrik di Indonesia setiap tahun bertambah sekitar 6% pertahun untuk meningkatkan ratio elektrifikasi diatas 9% pada tahun 2019 mendatang. Untuk itu pemerintah telah mencanangkan program pemabnagunan pemabangkit 35.000MW dalam waktu 5 tahun termasuk PLTD kecil yang tersebar di pulau pulau.

Disadari bahwa saat ini dengan pertumbuhan konsumsi energi dunia yang terus meningkat, maka jumlah thermal power juga terus bertambah. Pada tahun 2005, produksi listrik dari energy thermal di Uni Eropah adalah sebesar 54% dari seluruh instalasi pembangkit. Di Asia, dilaporkan pada [9], China, India, Indonesia memberi kontribusi sebesar masing masing 38%, 51%, 21% dan 33% dalam emission gas CO₂ dari sektor pembangkitan tenaga listriknya. Indonesia dengan pertumbuhan permintaan listrik rata rata 7% pertahun membutuhkan supply listrik terutama berasal dari pembangkit thermal. Untuk sistem Jawa Bali berdasarkan scenario baseline melalui program proyek percepatan pembangkit 10.000 MW, akan terdapat penambahan PLTU batubara konvensional sebesar 27.000 MW. Jumlah produksi ini setara dengan produksi sebesar 72,8% dari total produksi pada tahun 2020 (Coal, Oil, Geothermal, hydropower). Emisi CO₂ yang dihasilkan pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 236 juta ton CO₂ [1].

Protocol Kyoto (1997) yang sudah di ratifikasi oleh hampir semua negara telah menjadi acuan pengurangan emisis gas penghasil rumah kaca (GHS). Salah satu pasal dalam Protocol kyoto mengatur tentang “ carbon market” yang memberi kompensasi kepada operator power plant dalam menentukan harga jual energi listrik [12]. Mekanisme perdagangan karbon diperkuat oleh EU EmmissionTrading Scheme (EU-ETS) dengan memberlakukan syarat monitoring dan pengawasan kepada pelaku industri power plant. Hal ini adalah komitmen negara negara EU untuk mengurangi emisi CO₂ dari 5.2 % pada tahun 1990 menjadi sebesar 8% pada periode 2008 sampai 2012. Ref [2] melaporkan bahwa Indonesia sebagai konsekwensi adopsi protokol kyoto telah menargetkan pengurangan secara bertahap sebesar 5%,10%,20% dan 30% untuk jangka waktu antara 2012 hingga 2035.

Usaha pengurangan emisi gas CO₂ terutama pada power plant melalui pengembangan teknologi dan metode peningkatan efisiensi terus digalakkan. Salah satunya adalah penerapan sistim hybrid Coeneration

¹ Korespondensi penulis: Syamsir, Telp 082346461325, sir_umi@yahoo.com

dan peningkatan kualitas bahan bakar power plant. Pada rujukan [2] melaporkan penggunaan teknologi desulfurisasi pada batubara untuk mengurangi emission gas CO₂ dalam proses pembakaran thermal. Termasuk dengan menerapkan sistim penalty bagi penyedia daya kelistrikan yang melebihi batas toleransi pencemaran emisi [3,7,9,10]. Pada rujukan [7] mengusulkan perbaikan efisiensi pada alternator (Generator) pada sistim otomotive. Apabila rugi daya berkurang maka keluaran daya pada generator (power plant) juga akan berkurang. Dengan demikian perubahan keluaran daya power plant (thermal) akan menurunkan jumlah CO₂ yang dihasilkan akibat karena adanya pengurangan konsumsi bahan bakar (oil, coal or natural gas). Sementara pada ref [10] mengusulkan teknologi Distribution Management System (DMS) untuk memonitor power losses pada saluran distribusi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Karakteristik input Output Pembangkit Termal.

Untuk menentukan kebutuhan bahan bakar setiap pembangkit (misal Thermal power plant) dapat diperoleh melalui karakteristik Input – Output bahan bakar. Karakteristik input-output menggambarkan hubungan antara input bahan bakar dan output yang dihasilkan oleh pembangkit (*MW*) seperti dinyatakan pada persamaan karakteristik input output pembangkit melalui pendekatan berdasarkan fungsi polinomial orde dua yaitu :

$$H_i = \alpha_i + \beta_i P_{ii} + \gamma_i P_{ii}^2 \tag{1}$$

dimana

H_i = Input bahan bakar pembangkit termal ke i (liter/jam)

P_{ii} = Output pembangkit termal ke i (MW)

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ = Konstanta input-output unit termal ke i.

Parameter α_i, β_i dan γ_i ditentukan berdasarkan data yang berhubungan dengan input bahan bakar H_i dan output pembangkit P_{ii} . Data-data operasi dan kebutuhan bahan bakar thermal power plant selanjutnya diolah dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (Last Square Method). Metode kuadrat terkecil adalah salah satu metode yang untuk menyelesaikan persamaan metode kuadrat terkecil yang dijelaskan sebagai berikut :

$$J = \sum_{i=1}^N [\alpha + \beta P_{ii} + \gamma P_{ii}^2 - H_i]^2 \tag{2}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, N$ = jumlah data.

Persamaan (1) dapat diselesaikan melalui diferensiasi parsial fungsi J terhadap α, β, γ dan hasilnya sama dengan nol, sehingga diperoleh :

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & \sum_{i=1}^N P_{ii} & \sum_{i=1}^N P_{ii}^2 \\ \sum_{i=1}^N P_{ii} & \sum_{i=1}^N P_{ii}^2 & \sum_{i=1}^N P_{ii}^3 \\ \sum_{i=1}^N P_{ii}^2 & \sum_{i=1}^N P_{ii}^3 & \sum_{i=1}^N P_{ii}^4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N H_i \\ \sum_{i=1}^N P_{ii} H_i \\ \sum_{i=1}^N P_{ii}^2 H_i \end{bmatrix} \tag{3}$$

Parameter α_i, β_i dan γ_i adalah konstanta yang berhubungan dengan input bahan bakar dan output pembangkit (thermal power plant). Apabila terdapat unit pembangkit lebih dari satu unit dalam satu pusat pembangkit, maka akan terdapat persamaan I/O yang sesuai dengan jumlah unit pembangkit (power plant). Maka untuk penjadwalan pembebanan pembangkit maka persamaan-persamaan tersebut dinyatakan dalam sebuah persamaan ekuivalen input-output bahan bakar power plant. Dimisalkan suatu pusat pembangkit listrik yang terdiri dari n unit pembangkit dengan persamaan karakteristik input-output sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \alpha_1 + \beta_1 P_1 + \gamma_1 P_1^2 \\
 F_2 &= \alpha_2 + \beta_2 P_2 + \gamma_2 P_2^2 \\
 F_3 &= \alpha_3 + \beta_3 P_3 + \gamma_3 P_3^2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

2.2. Metode Yang Diusulkan

Untuk memperoleh karakteristik input output pembangkit termal dengan mempertimbangkan faktor daya, maka persamaan (1) substitusi ke persamaan (4), sehingga diperoleh:

$$H_{i, \cos \phi_{act}} = \alpha_i + \beta_i P_{ti, \phi_{act}} + \gamma_i P_{ti, \cos \phi_{act}}^2
 \tag{5}$$

dimana

$H_{i, \cos \phi_{act}}$ = Input bahan bakar pembangkit termal ke i (liter/jam) pada faktor daya actual ke -i.

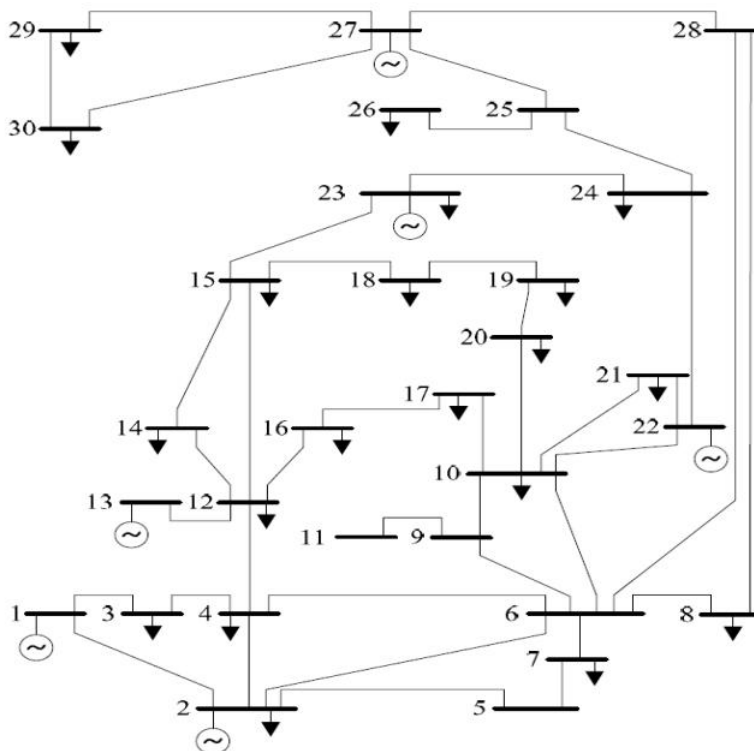
$P_{ti, \cos \phi_{act}}$ = Output pembangkit termal ke i (MW) pada faktor daya actual ke-i

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ = Konstanta input-output unit termal ke i.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan asumsi data sistim 30 bus IEEE dengan konsumsi bahan bakar sebagai berikut pada pembangkit adalah sebagai berikut:

- Assumptions: Bus#1 terdiri atas unit PLTD kapasitas 4x100 MW dengan bahan bakar MFO (Diesel power plant)



Gambar 1. Sistim 30 bus IEEE

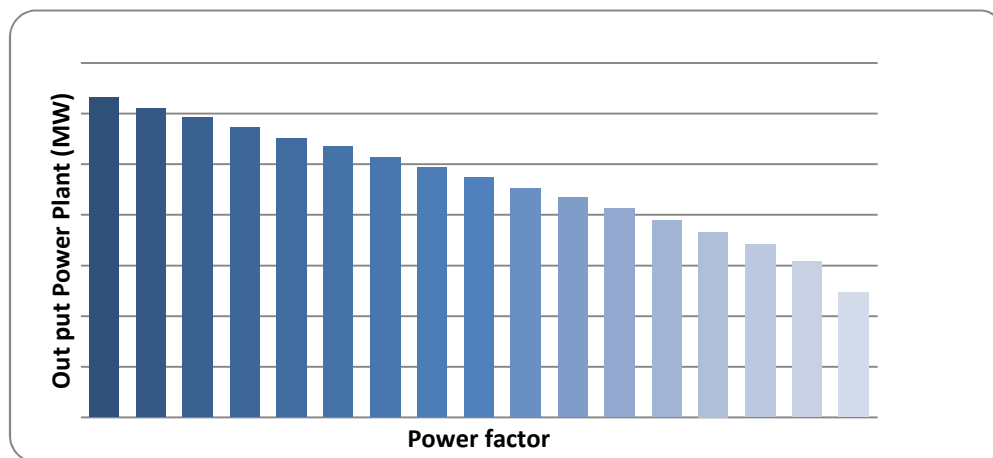
Berdasarkan pengujian dengan menggunakan data sistim bus 30 IEEE dimana disumsikan bahwa bus NO.1 merupakan slack bus yang terdiri dari unit PLTD dengan kapasitas 4x100 MW, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Setelah perbaikan factor daya pada beban L12 (Bus No.12) menjadi 0,95, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

- Rugi total sistim pada kondisi awal sebesar 19,902 MW
- Daya Maksimum slack bus sebesar 262,302 MW (PLTD)

Bilamana perbaikan factor daya pada beban L12 (Bus No.12) menjadi 1, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

- Rugi total sistim pada kondisi awal sebesar 19,614 MW
- Daya Maksimum slack bus sebesar 262,013 MW (PLTD)



Gambar 2. Hubungan antara output power plant dengan load power factor

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dengan menggunakan data sistim bus 30 IEEE, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Apabila faktor daya meningkat pada bus beban (Industri) maka rugi daya pada sistim akan semakin berkurang.
- Semakin baik faktor daya pada pengguna (beban) maka konsumsi bahan bakar pembangkit pada slack bus semakin rendah.
- Konsumsi penggunaan bahan bakar pada PLTD unit kecil berkisar antara 0,31 hingga 0,35 liter/KWh tergantung pada output dayanya. Semakin besar daya yang dibangkitkan maka semakin besar pula rata rata pemakaian bahan bakarnya.
- Pebaikan faktor daya pada sistim akan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar dan juga memperbaiki penampilan sistim secara keseluruhan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hai qin et al., Theoretical Analysis and Reaseach on CO2 Emmission of Thermal Power Plant, E-Product E Service and E-Entertainment (ICEEE), 2010 Internatinal , available : <http://www.ieeexplore.ieee.org>.
- [2] Yamashita, D et al., Thermal unit schedulling for CO2 reduction including significant wind power penetration, Power and Energy Society Meeting, 2011.
<http://www.ieeexplore.ieee.org>.

- [3] Mohibullah, Imdadullah, Imtiaz Ashraf, Estimation of CO₂ Mitigation potential through renewable energy generation, First International Power and Energy Conference PECon, 2006, Nov, 2006, Putrajaya Malaysia. <http://www.ieeexplore.ieee.org>.
- [4] Shaoyuan Lai, et al., A Model for CO₂ emission and the government control in electric power supply chain, Transmission & Distribution Conference & Exposition: Asia and Pacific, 2009, <http://www.ieeexplore.ieee.org>.
- [5] RUPTL 2009-2020, <http://www.pln.co.id>
- [6] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, revised 1996.
- [7] Ludovic Doffe, Mostafa Kadiri, Alternator contribution to CO₂ emission reduction policies, XIX International conference on electrical machines-ICEM, 2010. <http://www.ieeexplore.ieee.org>.
- [8] An Evaluation of CO₂ Emission reduction through carbonation technology, Power and energy engineering conference (APPEEC), 2011 Asia Pacific. <http://www.ieeexplore.ieee.org>.
- [9] C.O. Marpaung, A. Soebagio, R.M. Srhestha, The Role of Carbon capture and storage and renewable energy for CO₂ mitigation in Indonesian power system. <http://www.ieeexplore.ieee.org>.
- [10] G. Di Lembo, P. Petroni, C. Noce, Reduction power losses and CO₂ emissions: Accurate network data to obtain good performance of DMS systems. CIRED, Juni, 2009, <http://www.ieeexplore.ieee.org>.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada bapak Rektor UMI yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini. Juga khusus kepada Kementerian Ristek DIKTI yang memberikan dana penelitian melalui skim penelitian desentralisasi melalui Universitas Muslim Indonesia Makassar.