

# OPTIMASI PENJADWALAN PADA PEMBANGKIT DI JARINGAN 500 kV JAWA-BALI UNTUK MENGURANGI EMISI CO<sub>2</sub> MENGGUNAKAN MATPOWER 5.0

Hadi Sutanto<sup>\*)</sup>, Tarcisius Haryono, and Ahmad Agus Setiawan

Program Studi Magister Teknik Sistem Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Jalan Teknik Utara No.3 (Timur PAU UGM), Berek, Yogyakarta 55281

<sup>\*)</sup>E-mail : [hadisutantosaragi@yahoo.co.id](mailto:hadisutantosaragi@yahoo.co.id)

## Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu elemen penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi. Kebutuhan energi listrik yang semakin besar dapat meningkatkan gas rumah kaca yang berakibat pada perubahan iklim secara global. Oleh sebab itu dibutuhkan sistem tenaga listrik yang dapat menekan emisi CO<sub>2</sub>. sistem tenaga listrik yang baik selain memperhatikan sektor ekonomis dan keandalan, juga harus memperhatikan dampak lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali lebih ekonomis, andal dan berwawasan lingkungan. Dengan melakukan proses optimasi penjadwalan pembangkit akan diperoleh sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali yang ekonomis, andal dan rendah emisi CO<sub>2</sub>. Faktor ekonomis, andal dan rendah emisi CO<sub>2</sub> dapat diperoleh dari karakteristik biaya operasional, faktor penalti dan emisi CO<sub>2</sub> tiap pembangkit listrik. Simulasi ini akan dimodelkan dengan menggunakan software Matpower 5.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi optimal sistem tenaga listrik 500 kV dapat mengurangi emisi sebesar 1.235,86 tCO<sub>2</sub>, mengurangi rugi-rugi daya (losses) sebesar 40,809 MW, dan mengurangi biaya reduksi emisi CO<sub>2</sub> sebesar Rp. 285.978.004,00-. Dengan demikian proses penjadwalan pembangkit perlu dilakukan dengan memperhatikan karakteristik biaya operasional, faktor penalti dan emisi CO<sub>2</sub>.

*Kata kunci: optimasi penjadwalan pembangkit listrik, faktor penalti, emisi CO<sub>2</sub>, Matpower 5.0*

## Abstract

Electric power is the basic element supporting economic growth. Demand of electric power has been increasing and the resulting greenhouse gas emissions have given rise to global climate change. Therefore, electric power to reduce CO<sub>2</sub> emissions is needed. Electrical power system besides attention to economical and reliability, also must consider the environmental impact. The purpose of this research is to produce electricity 500 kV Java-Bali power system more economical, reliable and low environmental impact. With perform the process optimize scheduling power plant will be obtained electricity 500 kV Java-Bali power system economical, reliable and low CO<sub>2</sub> emission. Economic factor, reliable factor and emission factor can be obtained by the characteristics of operational cost, penalty factor and CO<sub>2</sub> emission every power plants. This simulation will modeled using software matpower 5.0. The results showed that the optimum simulation 500 kV Java-Bali power system can reduce 1.235,86 tCO<sub>2</sub> emissions, 40,809 MW powers loss and Rp. 285.978.004,00-. Emission reduction cost. Thus the process optimize scheduling power plant considering operational cost, penalty factor and CO<sub>2</sub> emissions is needed at 500 kV Java-Bali power system.

*Key Words : optimize scheduling power plant, power loss, penalty factor, CO<sub>2</sub> emissions, Matpower 5.0*

## 1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu elemen dasar untuk menunjang pertumbuhan ekonomi. Kebutuhan energi yang semakin besar dapat meningkatkan gas rumah kaca yang berakibat pada perubahan iklim secara global. Salah satu energi yang paling vital bagi pertumbuhan ekonomi

adalah energi listrik. Sistem tenaga listrik pada saat ini telah mengalami pertumbuhan pesat seiring bertambahnya konsumsi energi listrik. Sistem tenaga listrik yang baik selain memperhatikan sektor ekonomis dan keandalan, dibutuhkan juga sistem yang memperhatikan dampak lingkungan. Sistem tenaga listrik yang berwawasan

lingkungan akan menghasilkan dampak lingkungan yang minimum yang didapatkan dari proses optimasi.

Komitmen pemerintah untuk menurunkan emisi CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) pada tahun 2020 sebesar 26% atau 0,767 Gton CO<sub>2</sub>e pada G-20 Pittsburgh dapat didukung dengan melakukan proses optimasi berupa penjadwalan pembangkit listrik pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali. Tahun 2010 Peraturan Presiden Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) memutuskan kegiatan dalam RAN-GRK mencakup bidang Energi (pasal 3 ayat 1). Dalam Naskah Akademis RAN-GRK terdapat panduan, bahwa dengan peningkatan efisiensi pada bidang energi dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub>[1].

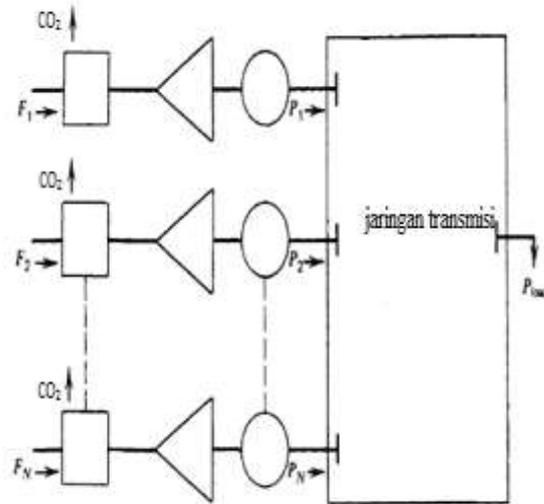
Penjadwalan pembangkit pada umumnya sering mengabaikan *losses* (rugi daya) pada sistem tenaga listrik. *losses* pada sistem tenaga listrik menyebabkan daya yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik kurang optimal dan menyebabkan tingginya emisi CO<sub>2</sub>[2]. Tingginya daya yang dibangkitkan pada pembangkit listrik thermal berbanding lurus dengan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan[3]. Untuk mereduksi emisi CO<sub>2</sub> dibutuhkan penjadwalan yang tepat diantara pembangkit listrik yang saling terinterkoneksi agar daya yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik termal semakin optimal. Jika daya yang dibangkitkan tiap pembangkit listrik telah optimal maka akan didapatkan juga keuntungan lainnya berupa reduksi biaya operasi pada sistem tenaga listrik[4].

Sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali beroperasi dibawah naungan PT. PLN P3BJB. Sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali merupakan salah satu organ vital negara[5]. Sistem ini terdiri dari 8 unit pembangkit listrik yang memiliki karakteristik emisi karbon dioksida yang berbeda-beda. Dengan melakukan optimasi diharapkan dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dan mendukung visi dan misi dari PT. PLN P3BJB.

## 2. Metode

### 2.1. Persamaan Lagrange

Pada sistem tenaga listrik yang memperhitungkan biaya operasional, *losses* dan emisi CO<sub>2</sub> akan memiliki analisis yang berbeda dari sistem tenaga listrik pada umumnya. Sistem tenaga yang memperhitungkan biaya operasional, *losses* dan emisi CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem tenaga listrik dengan memperhitungkan biaya operasional, *losses* dan emisi CO<sub>2</sub> [6].

Dari sistem pada gambar 1 diperoleh persamaan obyektif, persamaan *constrain* dari persamaan Lagrange sebagai berikut:

Persamaan Lagrange :

$$\bar{\delta} = FT + \lambda\phi \quad (1)$$

dimana

$\bar{\delta}$  = fungsi Lagrange

FT = fungsi tujuan

$\lambda$  = faktor pengali

$\Phi$  = fungsi pembatas

Fokus penelitian ini adalah pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dengan memperhitungkan biaya operasional dan *losses* di jaringan sehingga, yang menjadi fungsi tujuan adalah akumulasi biaya operasional dan biaya reduksi emisi CO<sub>2</sub> pada pembangkit listrik yang ada di jaringan 500 kV Jawa-Bali. Biaya total operasional tiap pembangkit listrik ditentukan dari biaya operasional ditambah biaya reduksi emisi CO<sub>2</sub>. Fungsi tujuan ditampilkan pada persamaan (2).

$$FT = F_T = \sum_{i=1}^n C_i(P_i) \quad (2)$$

dimana

C<sub>i</sub> = biaya operasional + biaya reduksi emisi CO<sub>2</sub>

P<sub>i</sub> = daya yang dibangkitkan pembangkit listrik I

i = 1,2,3,...,8

Fungsi pembatas pada penelitian ini adalah terpenuhinya syarat sistem tenaga listrik seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3).

$$\phi = P_{load} + \sum_{i=1}^n P_{loss} (P_i) - \sum_{i=1}^n P_i = 0 \quad (3)$$

Pload : daya beban  
Ploss : rugi - rugi daya

Keadaan optimal dapat diperoleh dengan operasi gradient persamaan Lagrange sama dengan nol[7].

$$\frac{\partial \delta}{\partial P_i} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial \delta}{\partial P_i} = \frac{\partial C_i}{\partial P_i} - \lambda \left( 1 - \frac{\partial P_{loss}}{\partial P_i} \right) = 0 \quad (5)$$

$$\left( \frac{1}{1 - \frac{\partial P_{loss}}{\partial P_i}} \right) \frac{\partial C_i}{\partial P_i} = \lambda \quad (6)$$

Faktor penalti (FP) akan diperlihatkan pada persamaan 3.7.

$$\left( \frac{1}{1 - \frac{\partial P_{loss}}{\partial P_m}} \right) = FP \quad (7)$$

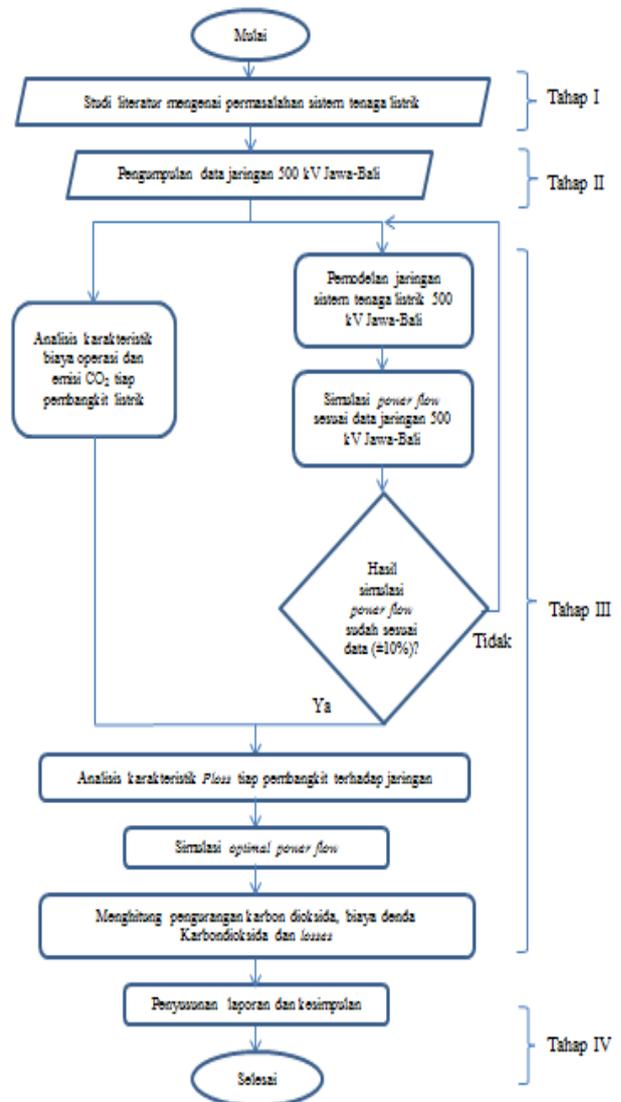
## 2.2. Perancangan Simulasi

### 2.2.1. Diagram Alir

Perancangan sistem tenaga listrik yang berwawasan lingkungan akan melalui tahapan pengolahan data sistem tenaga listrik. Tahapan yang akan dilalui dalam penelitian ini ditunjukkan diagram alir pada gambar 2.

### 2.2.2. Jaringan Distribusi 500 kV

Sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali adalah salah satu sistem interkoneksi jaringan listrik di Indonesia. Saluran transmisi 500 kV membentang di pulau Jawa yang saling terhubung membentuk sistem interkoneksi. Sistem ini dibagi menjadi 4 Area Pengatur Beban (APB) yaitu APB Jakarta-Banten, APB Jawa Barat, APB Jawa Tengah-DIY dan APB Jawa Timur-Bali. Sistem ini terdiri dari 8 pembangkit listrik, 25 Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET), dan 30 Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 2.2.3. Pemodelan Jaringan 500 kV Jawa-Bali

#### 2.2.3.1. Pembangkit Listrik

Kombinasi antara biaya operasional tiap pembangkit listrik dan biaya reduksi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh tiap pembangkit listrik menjadikan biaya total operasional akan semakin meningkat. Dampak kombinasi dari kedua biaya tersebut akan menghasilkan biaya operasional pembangkit listrik murah akan menjadi lebih mahal dari pembangkit listrik lainnya jika menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang besar. Begitu juga sebaliknya biaya operasional pembangkit listrik mahal akan menjadi lebih murah dari pembangkit listrik lainnya jika menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang kecil[8].

Biaya reduksi emisi diasumsikan berdasarkan program UN-REDD untuk melestarikan hutan di Sulawesi selatan tahun 2012[9]. Tabel 2.1 akan memperlihatkan biaya total operasional tiap pembangkit.

**Tabel 1. Biaya total operasional tiap pembangkit listrik**

PEMBANGKIT LISTRIK		Biaya total operasional (Rp/ kWh)
PLTU	Suralaya	315.65
PLTGU	Muaratawar	389.15
PLTA	Cirata	231,02
PLTA	Saguling	209,73
PLTGU	Tanjung Jati	484.5
PLTGU	Grati	371.3
PLTU	Gresik	411.9
PLTU	Paiton	302.14

**2.2.3.2. Saluran Transmisi 500 kV**

Pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali terdapat dua jenis penghantar ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) yaitu DOVE dan GANNET. Masing - masing penghantar memiliki spesifikasi yang berbeda. Dalam pemodelan menggunakan Matpower 5.0 dibutuhkan basis impedansi. Basis impedansi yang digunakan pada pemodelan ini adalah 25 ohm. Sehingga akan didapatkan data saluran dalam satuan p.u seperti pada tabel 2.

**2.2.3.3. Power Flow Operasional Harian**

Beban pada tiap bus sistem tenaga listrik jaringan 500 kV Jawa-Bali pada tiap harinya berubah secara fluktuatif namun perubahannya tidak begitu signifikan. Perubahan beban yang signifikan terjadi pada tiap jamnya dalam satu hari. Peneliti akan mengambil pada satu jam *power flow* seperti pada table 3[10].

**Tabel 2. Saluran Transmisi 500 kV**

No	Saluran	penghantar	Jarak(K MS)	R(p.u.)	X(p.u.)	B(p.u.)
1	suralaya – balaraja	DOVE	64.3	0.5812 72	0.7240 18	0.0648 40
2	suralaya – cilegon	GANNET	12.9	0.0129 52	0.1448 93	0.0013 05
3	cilegon – cibinong	GANNET	130.8	0.1313 23	1.4691 46	0.0132 34
4	balaraja – gandul	DOVE	46.5	0.0544 98	0.5235 9	0.0046 85
5	bekasi – cawang	DOVE	16.8	0.0196 9	0.1891 68	0.0016 93
6	gandul – kembangan	GANNET	30.1	0.0302 2	0.3380 83	0.0030 45
7	gandul – depok	DOVE	7.5	0.0087 9	0.0844 5	0.0007 56
8	cibinong – bekasi	DOVE	37.9	0.0444 19	0.4267 54	0.0038 18
9	depok – cibinong	DOVE	14	0.0164 08	0.1576 4	0.0014 1
10	muaratawar – cibatu	DOVE	48.2	0.0564 9	0.5427 32	0.0048 56
11	muaratawar - cawang	DOVE	40.9	0.0479 35	0.4605 34	0.0041 21
12	muaratawar cibinong	DOVE	50.5	0.0591 86	0.5686 3	0.0050 88
13	tasikmalaya – depok	DOVE	275.6	0.3230 03	3.1032 56	0.0277 66
14	cirata – cibatu	GANNET	46	0.0461 84	0.5166 72	0.0046 54
15	saguling – cibinong	GANNET	80.4	0.0807 22	0.9030 53	0.0081 34
16	saguling – cirata	DOVE	25.2	0.0295 34	0.2837 52	0.0025 39
17	saguling - bandung selatan	GANNET	37.6	0.0377 5	0.4223 23	0.0038 04
18	mandirancan - bandung selatan	GANNET	119.4	0.1198 78	1.3411 01	0.0120 8
19	tanjung jati - ungaran	DOVE	134.8	0.1579 86	1.5178 48	0.0135 81
20	ungaran - mandirancan	DOVE	222.9	0.2612 39	2.5098 54	0.0224 57
21	ungaran – pedan	DOVE	175.3	0.2054 52	1.9738 78	0.0176 61
22	pedan – tasikmalaya	GANNET	304	0.3052 16	3.4145 28	0.0307 57
23	surabaya barat - ungaran	DOVE	267.11	0.3130 53	3.0076 59	0.0269 11
24	ngimbang – ungaran	DOVE	207.7	0.2434 24	2.3387 02	0.0209 26
25	gresik - surabaya barat	DOVE	23	0.0269 56	0.2589 8	0.0023 17
26	surabaya barat - ngimbang	DOVE	47.6	0.0557 87	0.5359 76	0.0047 96
27	grati - surabaya barat	GANNET	82.4	0.0827 3	0.9255 17	0.0083 37
28	kediri – pedan	GANNET	202.4	0.2032 1	2.2733 57	0.0204 78
29	paiton – kediri	GANNET	209.1	0.2099 36	2.3486 11	0.0211 55
30	paiton – grati	GANNET	87.9	0.0882 52	0.9872 93	0.0088 93

Tabel 3. Data Power flow

No	Nama Bus	Pembangkit listrik		Beban	
		MW	MVA <sub>r</sub>	MW	MVA <sub>r</sub>
1	Suralaya	3428	630.05	-	-
2	Cilegon	-	-	178	350
3	Kembangan	-	-	691	220
4	Gandul	-	-	759	462
5	Balaraja	-	-	532	240
6	Depok	-	-	456	24
7	Cibinong	-	-	527	429
8	Tasik	-	-	318	315
9	Bekasi	-	-	946	53
10	Cawang	-	-	616	263
11	Muaratawar	1803	673.25	-	-
12	Cibatu	-	-	1134	518
13	Cirata	685	488.33	728	270
14	Saguling	297	416.56	-	-
15	Pedan	-	-	708	427
16	Bandung	-	-	771	496
17	Selatan	-	-	732	412
18	Kediri	-	-	353	-5
19	Mandirancan	-	-	609	-4
20	Ungaran	-	-	345	640
21	Tanjung Jati	2640	212.15	400	50
22	Ngimbang	-	-	416	600
23	Gresik	863	557.89	956	310
24	Surabaya Barat	-	-	504	463
25	Grati	460	421.38	787	392
	Paiton	3455	133.16		
	TOTAL	13.631,1	3.532,7	13.466	6925
		1	8		

Tabel 4. Hasil simulasi sampel data power flow

No	Nama Bus	Pembangkit (MW)	Beban (MW)	Emisi (Ton CO <sub>2</sub> )
1	Suralaya	3428	-	3.598,101
2	Cilegon	-	178	-
3	Kembangan	-	691	-
4	Gandul	-	759	-
5	Balaraja	-	532	-
6	Depok	-	456	-
7	Cibinong	-	527	-
8	Tasik	-	318	-
9	Bekasi	-	946	-
10	Cawang	-	616	-
11	Muaratawar	1803	-	795,123
12	Cibatu	-	1134	-
13	Cirata	685	728	0
14	Saguling	297	-	0
15	Pedan	-	708	-
16	BDNGSLT	-	771	-
17	Kediri	-	732	-
18	Mandirancan	-	353	-
19	Ungaran	-	609	-
20	Tanjung Jati	2640	345	3.115,478
21	Ngimbang	-	400	-
22	Gresik	863	416	202,400
23	SBBRT	-	956	-
24	Grati	460	504	371,866
25	Paiton	3455	787	4.025,075
	TOTAL	13.631,11	13.466	12.108,043
	LOSSES		165.11 MW	

### 3. Hasil dan Analisa

Sebagai perbandingan sampel data *power flow* akan disimulasikan. Hasil simulasi dapat dilihat pada **tabel 4**.

Berdasarkan simulasi kita dapatkan data faktor penalti dari tiap pembangkit listrik yang akan ditampilkan pada **tabel 5**.

Biaya operasional akan dikalikan dengan faktor penalti masing-masing pembangkit untuk mendapatkan biaya operasional yang baru. Perubahan biaya operasional ini merupakan proses optimasi *losses* jaringan yang diakibatkan oleh masing-masing pembangkit. **Tabel 6** akan memperlihatkan biaya operasional hasil perkalian faktor penalti.

Tabel 5. Faktor penalti tiap pembangkit listrik

Pembangkit Listrik	Faktor Penalti
Suralaya	1.000
Muaratawar	0.97852
Cirata	0.974051
Saguling	0.975659
Tanjung Jati	1.07631
Grati	1.022704
Gresik	1.032183
Paiton	1.058761

Tabel 6. Biaya operasional setelah dikalikan faktor penalti

Pembangkit Listrik	Total biaya operasional
Suralaya	315.65
Muaratawar	380.79
Saguling	225.025
Cirata	204.624
Tanjung Jati	521.472
Gresik	379.72
Grati	425.40
Paiton	319.89

Setelah mendapatkan karakteristik biaya operasional pembangkit dan faktor penalti, maka simulasi optimal jaringan 500 kV Jawa-Bali telah dapat dilakukan. Hasil simulasi akan diperlihatkan pada tabel 7.

**Tabel 7. Hasil Simulasi Optimal Power Flow**

No	Nama Bus	Pembangkit (MW)	Beban (MW)	Emisi (Ton CO <sub>2</sub> )
1	Suralaya	4025	-	4.238,325
2	Cilegon	-	178	-
3	Kembangan	-	691	-
4	Gandul	-	759	-
5	Balaraja	-	532	-
6	Depok	-	456	-
7	Cibinong	-	527	-
8	Tasik	-	318	-
9	Bekasi	-	946	-
10	Cawang	-	616	-
11	Muaratawar	2308	-	1.018,75
12	Cibatu	-	1134	-
13	Cirata	1008	728	0
14	Saguling	700	-	0
15	Pedan	-	708	-
16	Bandung Selatan	-	771	-
17	Kediri	-	732	-
18	Mandirancan	-	353	-
19	Ungaran	-	609	-
20	Tanjung Jati	264	345	311,8632
21	Ngimbang	-	400	-
22	Gresik	596	416	262,24
23	Surabaya Barat	-	956	-
24	Grati	579	504	249,4911
25	Paiton	4110,30	787	4.791,849
TOTAL		13.590,30	13.466	10.872,183
LOSSES			124.301 MW	

Berdasarkan data lapangan pada Tabel 3.1 dan data hasil simulasi optimal pada tabel 3.4 didapatkan perbandingan yang cukup signifikan yang akan diperlihatkan pada Tabel 8.

**Tabel 8. Perbandingan simulasi optimasi dan data lapangan**

Perbandingan	Data Lapangan	Simulasi Optimasi
Daya yang dibangkitkan	13.631,11 MW	13.590,00MW
Emisi CO <sub>2</sub>	12.108,043 tCO <sub>2</sub>	10.872,183 tCO <sub>2</sub>
Losses di Jaringan	165.11 MW	124.301 MW
Biaya reduksi CO <sub>2</sub>	Rp. 2.801.801.150,00-	Rp. 2.515.823.146,00-

Berdasarkan Tabel 8 perbandingan hasil simulasi optimasi memiliki kelebihan dan keuntungan yang besar dimana daya yang dibangkitkan akan berkurang sebesar 41.11 MW, emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan berkurang sebesar 1.235,86 tCO<sub>2</sub>, losses jaringan berkurang sebesar 40,809 MW, biaya reduksi emisi CO<sub>2</sub> juga berkurang sebesar Rp. 285.978.004,00-.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya berkaitan dengan “Optimasi Sistem Tenaga Listrik 500 kV Jawa-Bali Untuk Mengurangi Emisi CO<sub>2</sub> Menggunakan Matpower 5.0”, maka perlunya dilakukan optimasi pada sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali dengan mempertimbangkan emisi CO<sub>2</sub> dari tiap pembangkit listrik. Hal ini untuk meningkatkan kinerja sistem tenaga listrik dan menciptakan sistem tenaga listrik yang berwawasan lingkungan. Hasil simulasi optimasi sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali didapatkan penurunan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 1.235,86 tCO<sub>2</sub> atau 10,2 %. Sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali dengan memperhitungkan faktor penalti dari tiap pembangkit listrik dibutuhkan agar losses jaringan dapat ditekan. Selain itu, daya yang dibangkitkan akan semakin menurun. Munurunya daya yang dibangkitkan akan mempengaruhi biaya operasional pada sistem tenaga listrik. Hasil simulasi optimasi menunjukkan adanya penurunan losses sebesar 40,809 MW atau 24,7 %. Bantuan dari berbagai organisasi terkait emisi CO<sub>2</sub> sangat diperlukan sebagai wadah bagi perusahaan untuk memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh perusahaan tersebut. Berdasarkan hasil simulasi optimasi sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali biaya reduksi emisi CO<sub>2</sub> berkurang seiring dengan berkurangnya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Pengurangan tersebut sebesar Rp. 285.978.004,00-.

#### Referensi

- [1]. Dewan Perubahan Iklim Indonesia. 2010, Indonesia’s Greenhouse Abatement Cost Curve. Jakarta
- [2]. Khajeh Alimorad, Mohammed Khalid, dkk. 2011, Multi Thread Security Constraint Economic Dispatch with Exact Loss Formulation. IEEE
- [3]. Hamdani Aulia. 2010, Penentuan Harga Karbon Dioksida dan Biaya Reduksi Emisi Karbon Dioksida pada Pembangkit Listrik Sistem Tenaga 500 kV Jawa-Bali, Tek. Elektro ITB. Bandung
- [4]. Dike Damian, Moses Adifono. 2011, Comparative Analysis of Techniques for Economic Dispatch of Generated Power with Modified Lambda-Iteration Method. IEEE
- [5]. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Alam. 2007, Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Jawa-Madura-Bali. Indonesia
- [6]. Allen J Wood. 2005, Power Generator, Operation, and Control, Second Edition, 2nd ed. New York
- [7]. Hadi Saadat. 1999, Power System Analysis. McGraw-Hill Companies. New York

- [8]. Chevallier Julien. 2012, *Econometric Analysis of Carbon Markets the European Union Emission Trading Scheme and the Clean Development Mechanism*. Springer. New York
- [9]. Kemenhut RI, UN REDD. 2012, *Opportunity Cost of Major Land Uses in Central Sulawesi*. Jakarta
- [10]. 2014, *Rencana Operasi Harian (logsheet) PT.PLN (Persero)*. Jakarta