

## BAB 3

### PENGUMPULAN DATA

#### 3.1 Umum

Penghitungan faktor emisi *baseline* di suatu sistem ketenagalistrikan ditentukan oleh ketersediaan data di sistem tersebut. Dalam pemilihan metode perhitungan faktor emisi yaitu *simple OM*, *simple adjusted OM*, dan *average OM*, data-data pendukung yang dapat dijadikan acuan terdiri atas dua jenis yaitu *ex ante* dan *ex post*. Data *ex ante* ditentukan oleh penyerahan *Project Design Document* (PDD) kepada *CDM-Executive board* sedangkan data *ex post* ditentukan oleh waktu ketika proyek mulai tersambung ke sistem.

Penelitian ini tidak ditujukan untuk diserahkan kepada *CDM-Executive board* sehingga tahun data yang digunakan disesuaikan dengan ketersediaan data. Dalam penelitian ini juga tidak ada proyek yang dilaksanakan sehingga jenis data yang dipilih adalah *ex ante* sehingga data yang diperlukan adalah data-data ketenagalistrikan 3 tahun terakhir yang tersedia.

#### 3.2 Data Pembangkit Listrik

Data pembangkit listrik meliputi data seluruh pembangkit yang terhubung dengan sistem ketenagalistrikan JAMALI. Data tersebut dikelompokkan berdasarkan atas kepemilikan pembangkit listrik. Dari data tersebut diketahui bahwa kepemilikan pembangkit-pembangkit listrik di sistem JAMALI terdiri atas pembangkit milik PT Indonesia Power (IP) dan PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) yang merupakan anak perusahaan dari PT PLN (Persero) dan pembangkit milik swasta.

Pembangkit-pembangkit listrik tersebut terdiri atas 122 unit pembangkit dengan kapasitas total 8.951,56 MW milik PT (IP), 76 unit pembangkit dengan kapasitas total 7.337,74 MW milik PT PJB, dan 19 unit pembangkit dengan kapasitas total 3.846,30 MW milik swasta. Jumlah seluruh pembangkit yang terhubung ke sistem ketenagalistrikan JAMALI sebanyak 217 unit dengan kapasitas total sebesar 20.135,60 MW. Data lengkap pembangkit listrik di sistem ketenagalistrikan JAMALI dipaparkan pada Tabel 3.1. sebagai berikut.

Tabel 3.1. Pembangkit Listrik Sistem JAMALI  
Sumber: Statistik 2007 PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali

Pembangkit		Unit (MW)										Jumlah				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Unit	MW		
<b>PT Indonesia Power</b>																
PLTA	1 Kracak	6,30	6,30	6,30											3	18,90
	2 Ubrug	5,94	5,94	6,48											3	18,36
	3 Bengkok	1,05	1,05	1,05											3	3,15
	4 Cikalong	6,40	6,40	6,40											3	19,20
	5 Dago	0,70													1	0,70
	6 Lamajan	6,52	6,52	6,52											3	19,56
	7 Plengan	1,08	1,08	1,08	2,02	1,61									5	6,87
	8 P. Kondang	2,49	2,49	2,46	2,46										4	9,90
	9 Saguling	175,18	175,18	175,18	175,18										4	700,72
	10 Garung	13,20	13,20												2	26,40
	11 Jelok	5,12	5,12	5,12	5,12										4	20,48
	12 Ketenger	3,52	3,52	1,00											3	8,04
	13 Kelambu	1,17													1	1,17
	14 Kedungombo	22,50													1	22,50
	15 PB Sudirman	60,30	60,30	60,30											3	180,90
	16 Pejengkolan	1,40													1	1,40
	17 Sempor	1,00													1	1,00
	18 Sidorejo	1,40													1	1,40
	19 Timo	4,00	4,00	4,00											3	12,00
	20 Wonogiri	6,20	6,20												2	12,40
	21 Wadaslintang	9,00	9,00												2	18,00
	22 Tapen	0,74													1	0,74
	<b>Sub Total</b>													<b>54</b>	<b>1103,79</b>	
PLTU	1 Suralaya	400,00	400,00	400,00	400,00	600,00	600,00	600,00							7	3.400,00
	2 Priok				50,00										2	100,00
	3 Tambaklorok	50,00	50,00	200,00											3	300,00
	4 Perak			50,00	50,00										2	100,00
	<b>Sub Total</b>													<b>14</b>	<b>3.900,00</b>	
PLTP	1 Salak	55,00	55,00	55,00											3	165,00
	2 Kamojang	30,00	55,00	55,00											3	140,00
	3 Darajat	55,00													1	55,00
	<b>Sub Total</b>													<b>7</b>	<b>360,00</b>	
PLTGU	1 Priok GT	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00								6	780,00
	2 Priok ST	200,00	200,00												2	400,00
	3 Tb.lorok GT	109,65	109,65	109,65	109,65	109,65	109,65								6	657,90
	4 Tb.lorok ST	188,00	188,00												2	376,00
	5 Grati GT	100,75	100,75	100,75	100,75	100,75	100,75								6	604,50
	6 Grati ST	159,58													1	159,58
	<b>Sub Total</b>													<b>23</b>	<b>2.977,98</b>	
PLTG	1 Priok	26,00		26,00	48,80	48,80									4	149,60
	2 Sunyaragi	20,03	20,03	20,10	20,10										4	80,26
	3 Cilacap	29,00	26,00												2	55,00
	4 Pesanggaran	21,35	20,10	42,00	42,00										4	125,45
	5 Gilimanuk	133,80													1	133,80
	<b>Sub Total</b>													<b>15</b>	<b>544,11</b>	
PLTD	1 Pesanggaran		5,08		5,08	4,14	6,77	6,77	6,52	6,52	12,40	12,40			9	65,68
	<b>Sub Total</b>													<b>9</b>	<b>65,68</b>	
<b>Sub Total PT Indonesia Power</b>																
															<b>122</b>	<b>8.951,56</b>
<b>PT PJB</b>																
PLTA	1 Giringan	0,90	0,90	1,40											3	3,20
	2 Golang	0,90	0,90	0,90											3	2,70
	3 Lodojo	4,50													1	4,50
	4 Mengailan	5,60	5,80	5,80	5,80										4	23,00
	5 Ngebel	2,20													1	2,20
	6 Sutami	35,00	35,00	35,00											3	105,00
	7 Sengguruh	14,50	14,50												2	29,00
	8 Siman	3,60	3,60	3,60											3	10,80
	9 Selorejo	4,48													1	4,48
	10 Tulungagung	18,00	18,00												2	36,00
	11 Wilingi	27,00	27,00												2	54,00
	12 Cirata	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00						8	1.008,00
	<b>Sub Total</b>													<b>33</b>	<b>1.282,88</b>	
PLTU	1 Muarakarang	100,00	100,00	100,00	200,00	200,00									5	700,00
	2 Gresik	100,00	100,00	200,00	200,00										4	600,00
	3 Paton	400,00	400,00												2	800,00
	<b>Sub Total</b>													<b>11</b>	<b>2.100,00</b>	
PLTGU	1 M.karang GT	107,86	107,86	107,86											3	323,58
	2 M.karang ST	185,10													1	185,10
	3 Gresik GT	112,45	112,45	112,45	112,45	112,45	112,45	112,45	112,45	112,45					9	1.021,05
	4 Gresik ST	188,91	188,91	188,91											3	566,73
	5 M. Tawar GT	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00									5	700,00
	6 M. Tawar ST	220,00													1	220,00
	<b>Sub Total</b>													<b>22</b>	<b>3.016,46</b>	
PLTG	1 Gresik	20,10	20,10												2	40,20
	2 Gilitimur	20,10	20,10												2	40,20
	3 M. Tawar GT	143,00	143,00	143,00	143,00	143,00									5	715,00
	4 M. Tawar ST	143,00													1	143,00
	<b>Sub Total</b>													<b>10</b>	<b>938,40</b>	
<b>Sub Total PT PJB</b>																
															<b>76</b>	<b>7.337,74</b>
<b>Swasta</b>																
PLTA	1 Jatiluhur	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00								6	180,00
	<b>Sub Total</b>														<b>6</b>	<b>180,00</b>
PLTP	1 Salak	55,00	55,00	55,00											3	165,00
	2 W. Windu	110,00													1	110,00
	3 Darajat	89,30													1	89,30
	4 Djeng	50,00													1	50,00
	<b>Sub Total</b>													<b>6</b>	<b>364,30</b>	
PLTU	1 PT Paton E	645,00	645,00												2	1.290,00
	2 PT Jawa Power	610,00	610,00												2	1.220,00
	3 PT Cikarang L	150,00													1	150,00
	4 PT Krakatau DL	80,00													1	80,00
	5 PT Sakti Prima (Cilacap)	281,00	281,00												1	562,00
	<b>Sub Total</b>													<b>7</b>	<b>3.302,00</b>	
<b>Sub Total Swasta</b>																
															<b>19</b>	<b>3.846,30</b>
<b>Total Jawa Bali</b>																
															<b>217</b>	<b>20.135,60</b>

### 3.3 Data Energi Listrik

Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit-pembangkit listrik di sistem ketenagalistrikan JAMALI tidak seluruhnya disalurkan ke sistem. Sebagian dari

energi listrik tersebut digunakan oleh pembangkit itu sendiri untuk menjalankan sistem yang terdapat di dalam pembangkit dalam mendukung operasional pembangkit. Energi listrik yang tidak digunakan oleh pembangkit disalurkan ke sistem melalui jaringan transmisi menuju ke pusat pengendali sebelum disalurkan ke konsumen.

Untuk keperluan menghitung nilai faktor emisi di sistem, energi listrik yang dimasukkan ke dalam perhitungan adalah energi listrik netto yaitu energi listrik yang telah diterima oleh pusat pengendali. Di dalam sistem ketenagalistrikan JAMALI, peran pusat pengendali tersebut dilaksanakan oleh Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) PT PLN (Persero). Data energi listrik netto yang disalurkan ke sistem ketenagalistrikan JAMALI seperti tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Energi Netto di Sistem Ketenagalistrikan JAMALI

Sumber: Statistik 2003 – 2007 PT PLN (Persero) P3B

Jenis Sumber Energi/Bahan Bakar	Satuan	2003	2004	2005	2006	2007
Air/Hidro	GWh	5.187	5.943	6.952	5.267	5.874
Panas Bumi		41.671	43.989	6.320	6.334	6.673
Gas Alam		23.388	16.057	14.807	14.071	16.128
Minyak		10.600	19.999	22.978	23.543	21.981
Batubara		5.980	6.330	46.416	52.961	57.319
<b>Energi Netto Total</b>		86.826	92.318	97.473	102.176	107.975

Selain data energi listrik netto yang disalurkan ke sistem ketenagalistrikan JAMALI dibutuhkan juga data energi listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit-pembangkit PT PLN (Persero) yang diperoleh dari buku statistik PT PLN (Persero). Data tersebut digunakan untuk menghitung penggunaan bahan bakar spesifik dari pembangkit-pembangkit listrik PT PLN (Persero) agar didapatkan asumsi jumlah penggunaan bahan bakar dari pembangkit-pembangkit listrik milik swasta. Data energi listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit-pembangkit listrik milik PT PLN (Persero) seperti ditunjukkan oleh Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Energi Listrik Yang Dibangkitkan Oleh Pembangkit PT PLN (Persero)

Sumber: Statistik 2003 – 2007 PT PLN (Persero)

Jenis Bahan Bakar	Satuan	2003	2004	2005	2006	2007
HSD/IDO	GWh	8.483,90	14.641,99	18.879,50	16.574,51	19.501,78
MFO		7.713,88	8.294,79	7.132,75	7.716,82	3.659,87

Tabel 3.3. (Lanjutan)

Batubara		28.556,37	27.689,95	29.438,56	34.526,33	37.817,83
Gas Alam		18.387,87	14.120,51	12.901,79	13.433,81	15.589,20
Total		63.142,02	64.747,24	68.352,60	72.251,47	76.568,68

Data energi listrik yang disalurkan ke pusat pengendali yaitu P3B oleh pembangkit-pembangkit listrik milik swasta adalah energi yang dibangkitkan oleh pembangkit-pembangkit tersebut setelah dikurangi pemakaian sendiri pembangkit. Data ini berguna untuk menentukan perkiraan jumlah bahan bakar yang dipakai pembangkit-pembangkit tersebut dalam memproduksi energi listrik. Tabel 3.4. memperlihatkan energi listrik dari pembangkit-pembangkit non PLN (swasta) yang diterima oleh pusat pengendali.

Tabel 3.4. Energi Listrik Pembangkit-Pembangkit Swasta Yang Diterima di P3B  
Sumber: Rekapitulasi Neraca kWh PT PLN (Persero) P3B

Pembangkit	Bahan Bakar	Satuan	2003	2004	2005	2006	2007
PT Paiton EC	Batubara	GWh	7.629.941,66	9.295.482,78	9.363.039,48	9.116.268,66	9.652.667,04
PT Jawa Power	Batubara		7.091.689,00	8.102.932,00	9.071.938,00	9.109.037,00	9.161.566,00
PT Krakatau DL	Batubara		17.666,62	12.076,61	2.753,86	2.225,30	1.698,49
PT SSP	Batubara					1.936.791,26	2.977.446,63
PT Cikarang L	Gas Alam		533.741,00	610.492,04	544.688,26	402.643,24	466.980,50
Total Batubara			14.739.297,28	17.410.491,39	18.437.731,34	20.164.322,22	21.793.378,16
Total Gas Alam			533.741,00	610.492,04	544.688,26	402.643,24	466.980,50
Total		15.273.038,28	18.020.983,43	18.982.419,60	20.566.965,46	22.260.358,66	

### 3.4 Data Penggunaan Bahan Bakar

Pembangkit-pembangkit listrik yang melayani sistem ketenagalistrikan JAMALI terdiri atas pembangkit yang digerakkan dengan tenaga yang berasal dari sumber energi fosil maupun sumber energi non fosil. Tenaga yang berasal dari sumber energi non fosil disebut sebagai energi terbarukan yang terdiri atas tenaga air dan tenaga panas bumi. Namun dalam pembahasan tesis ini data jumlah penggunaan sumber energi terbarukan tidak menghasilkan emisi sehingga data tersebut tidak akan digunakan.

Pembangkit listrik yang menggunakan tenaga dari sumber energi fosil atau biasa disebut sebagai bahan bakar yang dipakai di sistem JAMALI terdiri atas 5 jenis yaitu *High Speed Diesel Oil* (HSD), *Intermediate Diesel Oil* (IDO), *Marine Fuel Oil* (MFO), batubara, dan gas alam. Jenis-jenis bahan bakar tersebut

digunakan oleh pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga gas (PLTG), dan pembangkit listrik tenaga gas uap (PLTGU). Data mengenai penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik milik PT PLN (Persero) di sistem JAMALI seperti tertera pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Data Penggunaan Bahan Bakar Pembangkit PT PLN (Persero)

Sumber: Statistik 2003 -2007 PT PLN (Persero)

Jenis Bahan Bakar	Satuan	2003	2004	2005	2006	2007
HSD/IDO	Kilo liter	2.340.367,42	3.274.932,64	5.161.009,02	4.219.142,00	4.053.206,50
MFO	Kilo liter	2.088.045,28	2.096.786,70	1.933.927,72	2.059.780,84	2.222.120,08
Batubara	Ton	13.294.500,82	13.425.337,19	15.014.433,24	16.821.687,28	19.108.282,93
Gas Alam	MSCF	154.901,94	138.693,30	113.404,07	126.366,74	134.276,98

### 3.5 Data Nilai Kalori Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan oleh pembangkit-pembangkit listrik yang memasok kebutuhan energi di sistem JAMALI dapat dikategorikan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu bahan bakar minyak (BBM) yang terdiri atas HSD/IDO dan MFO, gas alam, dan batubara. Spesifikasi BBM, gas alam, dan batubara. Spesifikasi BBM telah ditetapkan oleh PT PERTAMINA (Persero) sebagai pemasok utama kebutuhan BBM ke pembangkit-pembangkit listrik di sistem JAMALI. Spesifikasi BBM tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Spesifikasi BBM PT Pertamina (Persero)

Sumber: Bahan Bakar Minyak, Elpiji, dan BBG Untuk Rumah Tangga Industri dan Perkapalan

Jenis BBM	<i>Density (kt/kl)</i>		<i>Gross Calorific Value (GCV)</i>
	Minimum	Maksimum	Btu/lb
Minyak Solar (HSD)	0,00082	0,00087	19,570
Minyak Diesel (IDO)	0,00084	0,00092	19,140
Minyak Bakar (MFO)	-	0,00099	18,635

Data nilai kalori murni batubara bisa diperoleh dari buku “Statistik Mineral, Batubara, dan Panas Bumi” yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Di dalam buku statistik tersebut terdapat data kualitas batubara berdasarkan perusahaan pertambangan batubara di Indonesia. Berdasarkan data pada buku tersebut, nilai kalori batubara di Indonesia yang paling rendah adalah 4.555

kcal/kg dan yang tertinggi adalah sebesar 8.000 kcal/kg. Daftar nilai kalori batubara di Indonesia berdasarkan perusahaan penambangnya seperti ditunjukkan oleh Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Nilai Kalori Batubara Berdasarkan Perusahaan  
Sumber: Statistik Mineral, Batubara, dan Panas Bumi 2008

Perusahaan	Nilai Kalori (kcal/kg)	
	Minimum	Maksimum
<b>PT Tambang Batubara Bukit Asam, Tbk</b>		
Jenis: 1. Suralaya Coal (SRC)	5.500	6.500
2. Lumut Coal (LMC)	6.500	7.500
3. Antracite Coal (ANC)	7.500	8.000
4. Ombilin (OMB)	6.800	7.000
<b>PT Adaro Indonesia</b>		
Jenis: 1. Mine Tutupan		5.571
2. North Tutupan		5.345
3. North Paringin		5.743
4. South Paringin		5.680
5. Wara – 1		4.715
6. Wara – 2		4.555
<b>PT Allied Indo Coal</b>	5.500	6.043
<b>PT Antang Gunung Meratus</b>		
Jenis: 1. F. Tanjung	6.300	6.500
2. F. Warukin	5.200	5.500
<b>PT Arutmin Indonesia</b>		
Jenis: 1. Arutmin Energycoal Satui 10		6.650
2. Arutmin Energycoal Satui 13		6.300
3. Arutmin Energycoal 5000		5.607
4. Arutmin Energycoal 6100		6.100
5. Arutmin Energycoal 6500		6.500
6. Arutmin Energycoal ATA HS		6.600
7. Arutmin Energycoal SENAKIN 12 MS		6.700
<b>PT Bahari Cakrawala Sebuku</b>		6.300
<b>PD Baramarta</b>	6.400	6.700
<b>PT Baramulti Suksessarana</b>	5.900	6.500
<b>PT Berau Coal</b>		
Jenis: 1. Ebony		6.100
2. Mahony		6.000
3. Agathis		5.650
4. Sungkai		5.550
<b>PT Gunung Bayan Pratama</b>		7.200
<b>PT Indominco Mandiri</b>	6.150	6.700
<b>PT Jorong Barutama Greston</b>		5.300

### 3.6 Data Nilai Faktor Emisi Bahan Bakar

Data faktor emisi setiap jenis bahan bakar fosil dapat diperoleh dari buku “*IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2,*” buku ini dapat diperoleh dari internet. Di dalam buku ini terdapat data-data mengenai emisi yang dihasilkan dari berbagai jenis bahan bakar baik fosil maupun non fosil. Data-

data penting yang terdapat di dalam buku ini antara lain kandungan karbon dari setiap jenis bahan bakar yang umum digunakan di dunia. Data-data ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan spesifikasi bahan bakar khususnya bagi negara-negara yang tidak mengeluarkan terbitan resmi mengenai spesifikasi bahan bakar tertentu.



## BAB 4 PENGOLAHAN DATA

### 4.1 Umum

Setelah data-data yang dibutuhkan terkumpul maka selanjutnya dilakukan pengolahan terhadap data-data tersebut menggunakan perangkat lunak yang sesuai. Perangkat lunak yang dipilih yaitu program *spreadsheet* Microsoft Excel. Pengolahan data dilakukan untuk menghitung nilai emisi *Operating Margin* (OM), *Build Margin* (BM), dan *Combine Margin* (CM). Perhitungan tersebut menggunakan asumsi bahwa *Specific Fuel Consumption* (SFC) dari setiap pembangkit mengacu kepada SFC pembangkit-pembangkit milik PT PLN (Persero). Data konsumsi bahan bakar dan energi yang menjadi acuan dalam penghitungan SFC diperoleh dari buku Statistik PLN tahun 2003 sampai dengan 2007.

Penelitian ini juga melakukan uji sensitivitas nilai faktor emisi terhadap beberapa parameter yang ditentukan. Seperti diketahui bahwa pembangkit-pembangkit listrik yang akan ditambahkan ke sistem ketenagalistrikan JAMALI adalah pembangkit-pembangkit listrik tenaga uap yang memakai bahan bakar batu bara. Pembangkit-pembangkit ini pada umumnya dioperasikan sebagai pembangkit yang menopang kebutuhan beban dasar (*baseload*). Pembangkit-pembangkit penopang beban dasar di sistem JAMALI memiliki faktor kapasitas dengan kisaran 60% - 74%<sup>8</sup>.

Untuk melakukan uji sensitivitas maka diasumsikan bahwa pembangkit-pembangkit yang akan ditambahkan ke dalam sistem ketenagalistrikan JAMALI dioperasikan sebagai pembangkit penopang beban dasar. Pembangkit-pembangkit ini juga diasumsikan masuk ke dalam sistem pada tahun 2007 dan dikategorikan ke dalam pembangkit-pembangkit BM. Jumlah energi listrik yang dibangkitkan pada tahun 2007 setelah masuknya pembangkit-pembangkit tambahan harus tetap. Untuk memenuhi hal tersebut maka perlu ada pengurangan terhadap jumlah total energi listrik di tahun 2007 yang nilainya setara dengan asumsi energi yang dihasilkan oleh pembangkit-pembangkit tambahan.

---

<sup>8</sup> Prajitno, Basuki. (2002). Operasi sistem tenaga listrik Jawa-Madura-Bali: sudah efisienkah?. hal.5

Sebagai akibat pengurangan jumlah total energi listrik yang dibangkitkan pada tahun 2007 tersebut maka ada pembangkit-pembangkit listrik yang diasumsikan tidak beroperasi pada tahun tersebut. Dengan kata lain bahwa pembangkit-pembangkit tersebut secara operasional digantikan oleh pembangkit-pembangkit tambahan. Pembangkit-pembangkit yang dihentikan operasionalnya dipilih pembangkit-pembangkit berbahan bakar HSD/IDO yang diasumsikan berbiaya mahal terutama dari harga bahan bakarnya.

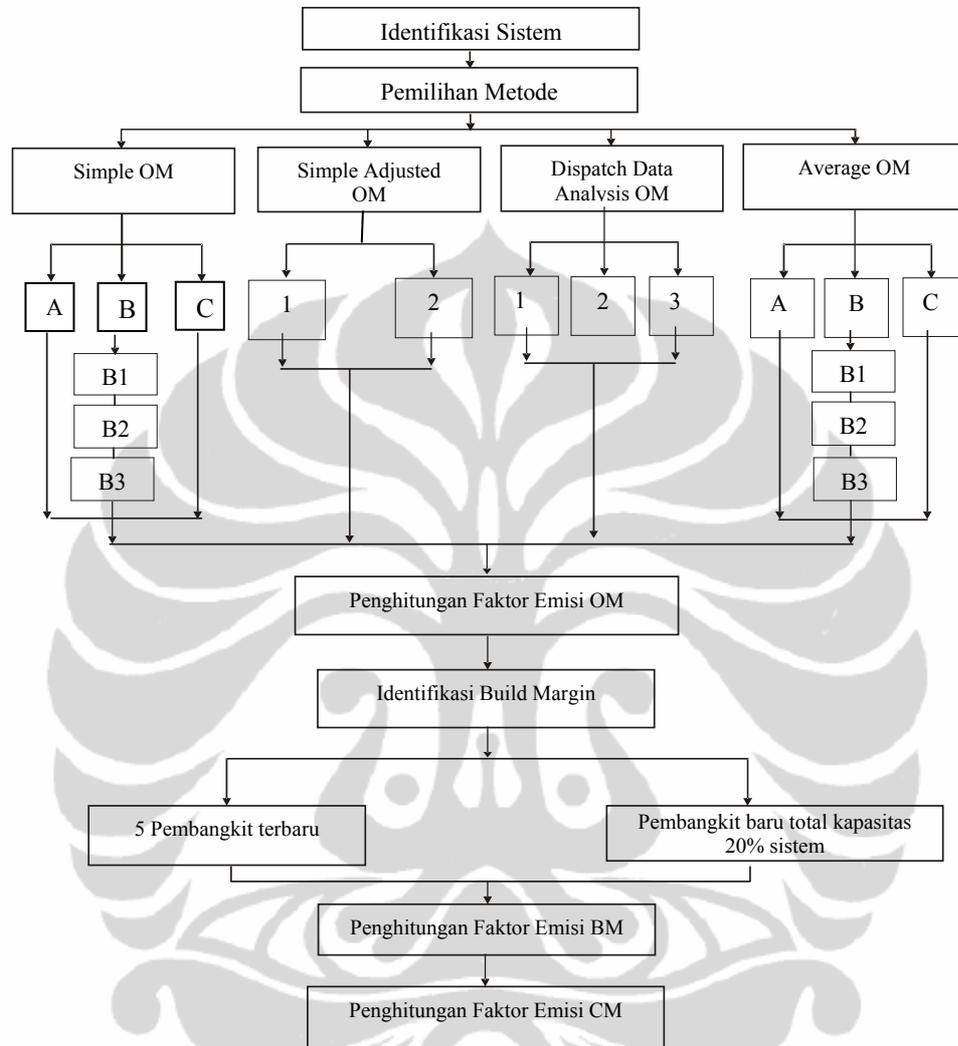
Selain faktor kapasitas, penelitian ini juga menguji sensitivitas nilai faktor emisi berdasarkan nilai kalori batubara yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, nilai kalori batubara terendah di Indonesia yaitu sebesar 4.555 kcal/kg. Batubara ini merupakan hasil produksi perusahaan kontraktor batubara milik swasta yaitu PT Adaro Indonesia dari jenis Wara-2. Sedangkan batubara yang memiliki nilai kalori tertinggi adalah batubara jenis Antracite (ANC) hasil produksi perusahaan milik negara yaitu PT Tambang Batubara Bukit Asam, Tbk. Nilai kalori batubara jenis ANC ini berkisar antara 7.500 kcal/kg sampai dengan 8.000 kcal/kg.

Uji sensitivitas yang dilakukan diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh perubahan NCV bahan bakar terhadap nilai faktor emisi *baseline* di sistem ketenagalistrikan JAMALI. Dari uji ini nantinya diharapkan akan diketahui mengenai kecenderungan perubahan nilai faktor emisi *baseline* jika pembangkit tambahan menggunakan batubara dengan NCV dan faktor kapasitas tertentu.

#### **4.2 Penghitungan Faktor Emisi *Baseline* Sistem JAMALI**

Langkah-langkah penghitungan faktor emisi *baseline* pada tahap ini belum memasukkan pembangkit-pembangkit yang termasuk ke dalam Proyek Percepatan Pembangunan PLTU 10.000 MW. Gambar 4.1 memperlihatkan alur penghitungan faktor emisi *baseline* sesuai dengan metode *Tools to Calculate the Emission Factor for an Electricity System* Versi 01.1. Hasil yang diperoleh dari proses penghitungan faktor emisi seperti diagram di atas merupakan faktor emisi

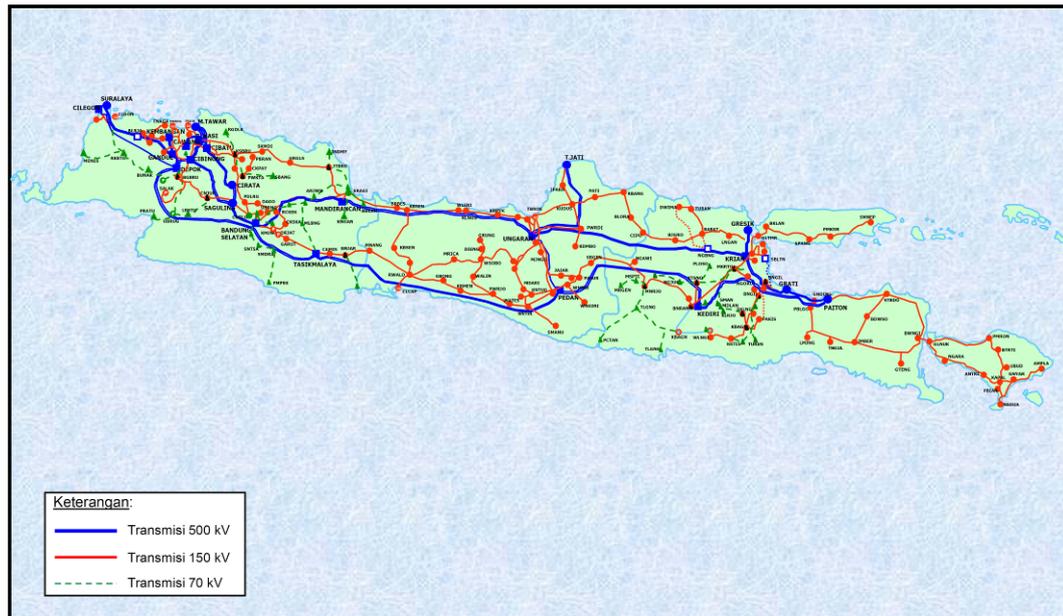
*Combine Margin (CM)* yang disebut dengan faktor emisi *baseline* di sistem yang telah ditentukan.



Gambar 4.1. Langkah penghitungan faktor emisi *baseline*  
 Sumber: Presentasi *Forum Discussion Group* Penyusunan Baseline Emission Factor [Ef (Tco<sub>2</sub>eq/Mwh)] Jaringan Jawa Bali.

#### 4.2.1 Identifikasi Sistem Ketenagalistrikan

Sistem ketenagalistrikan yang terkait dengan penelitian yaitu Sistem Ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali (JAMALI). Sistem ketenagalistrikan JAMALI merupakan sistem jaringan tenaga listrik saling terhubung melalui beberapa tipe transmisi yaitu 70 kV sepanjang 3.657,1 kilometer sirkuit (kms), 150 kV sepanjang 11.670 kms, dan 500 kV sepanjang 5.047,78 kms.



Gambar 4.2. Sistem Ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali (JAMALI)

Sumber: Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2008 – 2027. Jakarta: Author

Sistem ini melayani kebutuhan energi listrik bagi konsumen yang tersebar di sepanjang pulau Jawa, Madura, dan Bali. Wilayah usaha ketenagalistrikan di pulau Jawa, Madura, dan Bali dilaksanakan oleh enam perusahaan distribusi yaitu PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat dan Banten, PT PLN (Persero) Distribusi DKI Jakarta dan Tangerang, PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DI Yogyakarta, PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, PT PLN (Persero) Distribusi Bali, dan PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban (P3B) Jawa Bali.

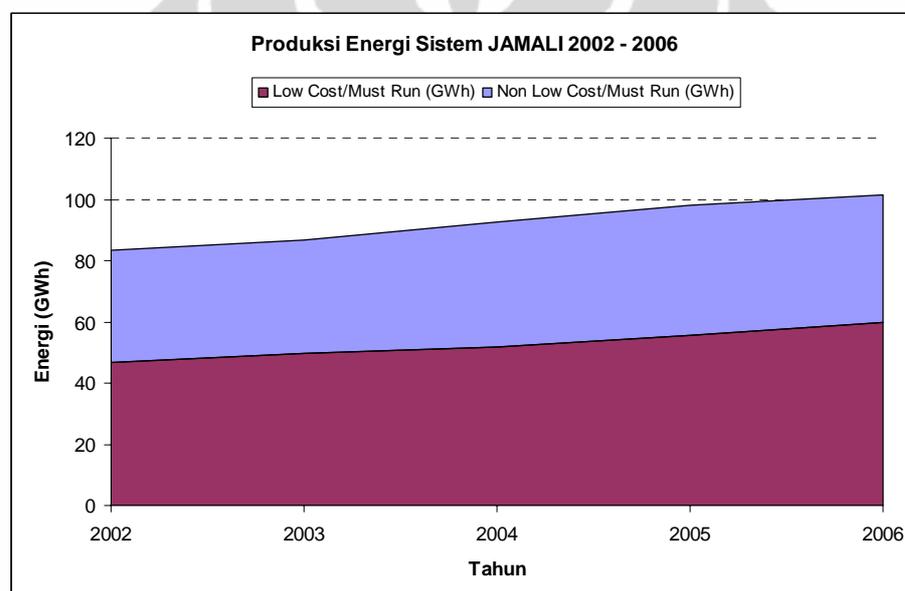
Disamping perusahaan-perusahaan tersebut juga terdapat perusahaan-perusahaan pembangkitan, yaitu PT Indonesia Power, PT PJB, dan perusahaan-perusahaan listrik swasta serta unit-unit bisnis pembangkitan yang tidak menyusun perencanaan sistem yaitu Pembangkit Muara Tawar dan Pembangkit Cilegon.

#### 4.2.2 Menentukan Metode dan Menghitung Faktor Emisi *Operating Margin* (OM)

Menentukan metode *Operating Margin* (OM) dilakukan berdasarkan kondisi energi listrik yang disalurkan ke sistem. Empat metode penghitungan seperti yang telah disebutkan pada Bab II yaitu *simple OM*, *simple adjusted OM*, *dispatch data*

*analysis* OM, dan *average* OM dapat digunakan dalam menghitung OM. Namun dari keempat metode tersebut yang paling memungkinkan untuk digunakan adalah *simple* OM dan *average* OM. Dua metode lain yaitu *simple adjusted* OM dan *dispatch data analysis* OM membutuhkan data spesifik yang sedianya tidak untuk dipublikasikan.

Dalam menentukan antara kedua metode *simple* OM dan *average* OM harus diketahui persentase kontribusi pembangkit *must run* di dalam sistem. Tabel 4.1. menunjukkan perbandingan energi pembangkit-pembangkit *Low Cost/Must Run* dengan produksi energi total di sistem JAMALI. Perbandingan rata-ratanya sebesar 56,04% sehingga metode yang dipilih adalah *average* OM.



Gambar 4.3. Perbandingan *Low Cost/Must Run*

Metode *average* OM membutuhkan data tentang jumlah bahan bakar yang digunakan oleh sistem ketenagalistrikan pada tahun tertentu yang pada penelitian ini yaitu tahun 2005, 2006, dan 2007. Sebelum melakukan penghitungan faktor emisi OM perlu dilakukan beberapa perhitungan terhadap beberapa parameter yang merupakan komponen dalam penghitungan tersebut.

Parameter-parameter yang perlu dihitung yaitu jumlah konsumsi bahan bakar pembangkit-pembangkit yang melayani sistem ketenagalistrikan JAMALI, *Net Calorific Value* (NCV) dari setiap jenis bahan bakar yang digunakan, dan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari setiap jenis bahan bakar.

#### 4.2.2.1 Penghitungan Konsumsi Bahan Bakar Pembangkit di Sistem JAMALI

Konsumsi bahan bakar pembangkit di sistem JAMALI adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh pembangkit-pembangkit PT PLN (Persero) ditambah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh pembangkit-pembangkit milik swasta. Data konsumsi bahan bakar pembangkit-pembangkit swasta tidak tersedia sedangkan data konsumsi bahan bakar pembangkit-pembangkit PT PLN (Persero) dapat diperoleh pada buku Statistik PT PLN (Persero). Sehingga untuk menghitung konsumsi bahan bakar pembangkit-pembangkit swasta diasumsikan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik pembangkit-pembangkit PT PLN (Persero) setara dengan konsumsi bahan bakar spesifik pembangkit-pembangkit swasta.

Konsumsi bahan bakar spesifik pembangkit adalah jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk membangkitkan energi listrik sebesar satu satuan energi listrik. Untuk mempermudah pemahaman maka pada penelitian ini satuan yang dipakai dalam menentukan konsumsi bahan bakar spesifik adalah liter per kilowatt *hour* (l/kWh) untuk bahan bakar cair, kilogram per kilowatt *hour* (kg/kWh) untuk bahan bakar padat, dan 1.000.000 *standard cubic feet* per kilowatt *hour* (MMSCF/kWh) untuk bahan bakar gas. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik seperti tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Pembangkit PT PLN (Persero)

Jenis Bahan Bakar	Satuan	2003	2004	2005	2006	2007	Rata-Rata
HSD/IDO	Liter/kWh	0,2759	0,2237	0,2734	0,2546	0,2078	0,2471
MFO	Liter/kWh	0,2707	0,2528	0,2711	0,2669	0,6072	0,2654
Batubara	Kg/kWh	0,4656	0,4848	0,5100	0,4872	0,5053	0,4906
Gas Alam	MMSCF/kWh	0,00000842	0,00000982	0,00000879	0,00000941	0,00000861	0,00001

Setelah diperoleh hasil konsumsi bahan bakar spesifik pembangkit-pembangkit milik PT PLN (Persero) selanjutnya adalah menghitung konsumsi bahan bakar pembangkit-pembangkit milik swasta. Untuk menghitungnya diperlukan data energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit-pembangkit swasta tersebut. Data energi listrik yang diterima oleh P3B merupakan data energi listrik yang sudah dikurangi oleh pemakaian sendiri pembangkit sehingga untuk

menentukan jumlah energi listrik total yang diproduksi oleh pembangkit-pembangkit tersebut perlu diketahui energi listrik yang digunakan untuk pemakaian sendiri pembangkit.

Pembangkit-pembangkit swasta yang menggunakan bahan bakar fosil dengan rata-rata pemakaian sendiri energinya yaitu, PT Paiton Energy Company (5%), PT Jawa Power (5%), PT Cikarang Listrindo (2%), PT Krakatau Daya Listrik (6%), PT Sumber Segara Prima Daya (5%).

Konsumsi bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit Non PLN (swasta) dihitung berdasarkan rata-rata konsumsi bahan bakar spesifik pembangkit PT PLN (Persero) dikalikan dengan jumlah energi listrik yang dibangkitkan oleh masing-masing pembangkit swasta. Konsumsi bahan bakar spesifik pembangkit-pembangkit swasta diasumsikan setara dengan pembangkit-pembangkit milik PT PLN (Persero).

Setelah diperoleh jumlah konsumsi bahan bakar pembangkit-pembangkit swasta maka selanjutnya dihitung konsumsi bahan bakar pembangkit-pembangkit di sistem JAMALI yaitu jumlah seluruh konsumsi bahan bakar pembangkit PT PLN (Persero) yang terdapat di dalam buku Statistik PT PLN (Persero) dan hasil perhitungan konsumsi bahan bakar pembangkit swasta. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar pembangkit di sistem JAMALI seperti tertera pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2. Konsumsi Bahan Bakar Pembangkit Listrik di Sistem JAMALI

Jenis Bahan Bakar	Satuan	2003	2004	2005	2006	2007
HSD/IDO	kilo liter	2.340.367,42	3.274.932,64	5.161.009,02	4.219.142,00	4.053.206,50
MFO	kilo liter	2.088.045,28	2.096.786,70	1.933.927,72	2.059.780,84	2.222.120,08
Batubara	Ton	20.817.588,99	22.316.322,94	24.435.126,12	27.135.395,84	30.260.343,23
Gas Alam	MMSCF	160.536,22	145.051,29	118.991,41	130.499,02	139.060,16

#### 4.2.2.2 Penghitungan *Net Calorific Value* (NCV)

Untuk menentukan *Net Calorific Value* (NCV) dari setiap jenis bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada *Gross Calorific Value* (GCV) dari bahan bakar tersebut. Beberapa konversi terhadap satuan yang digunakan juga diperlukan untuk mempermudah perhitungan.

GCV berdasarkan data yang diperoleh dari masing-masing sumbernya diketahui bahwa bahan bakar jenis HSD/IDO dan MFO memiliki satuan *british thermal unit* per pound (Btu/lb) sedangkan untuk batubara kilokalori per kilogram (kcal/kg). NCV gas alam diperoleh dari data yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) karena PT Pertamina belum mengeluarkan acuan dalam menentukan NCV untuk gas alam yang beredar di Indonesia. Untuk mempermudah perhitungan maka NCV dari setiap jenis bahan bakar menggunakan satuan terajoule per kiloton (TJ/kt).

Setelah nilai NCV diketahui maka selanjutnya dapat dilakukan penghitungan emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari setiap jenis bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik.

#### 4.2.2.3 Penghitungan Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

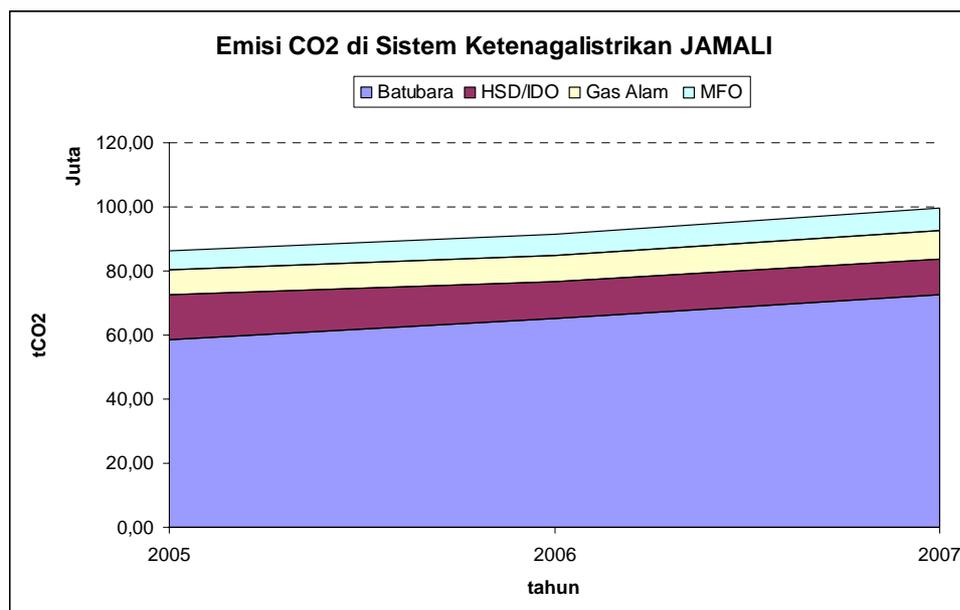
Emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari setiap jenis bahan bakar merupakan hasil perkalian antara kandungan karbon dan faktor oksidasi karbon bahan bakar berdasarkan data yang dikeluarkan oleh IPCC. Untuk bahan bakar cair satuan berat yang digunakan perlu dikonversi ke dalam satuan volume yaitu kiloliter (kl) dengan cara mengalikan parameter kandungan CO<sub>2</sub> bahan bakar cair dengan parameter *density* yang memiliki satuan kiloton per kiloliter (kt/kl). Sedangkan untuk bahan bakar gas alam, satuan MSCF diubah menjadi satuan kt dengan asumsi kandungan gas alam yang digunakan untuk pembangkit listrik sebagian besar (99%) adalah gas *buthane* (butana)<sup>9</sup>.

#### 4.2.2.4 Perhitungan Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di Sistem JAMALI

Emisi CO<sub>2</sub> di sistem JAMALI merupakan total hasil perkalian antara jumlah emisi CO<sub>2</sub> per satuan bahan bakar dengan jumlah bahan bakar yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik selama satu tahun di sistem JAMALI. Tahun dasar yang dijadikan acuan dalam menentukan faktor emisi OM di sistem JAMALI yaitu tahun 2005, 2006, dan 2007.

---

<sup>9</sup> PT Pertamina (Persero). (2003). Bahan bakar minyak, elpiji dan bbg untuk kendaraan, rumah tangga, industri dan perkapalan. Jakarta: Author.



Gambar 4.4. Emisi CO<sub>2</sub> di Sistem JAMALI

Faktor emisi adalah perbandingan antara jumlah emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan suatu sistem ketenagalistrikan selama satu tahun dengan jumlah energi listrik yang dihasilkan selama setahun pada tahun yang sama. Faktor emisi OM per tahun di sistem JAMALI pada periode tahun 2005, 2006, dan 2007 seperti tertera di dalam Tabel 4.3. sebagai berikut.

Tabel 4.3. Faktor Emisi OM di Sistem JAMALI Selama Tiga Tahun

Definisi	Satuan	2005	2006	2007
Emisi CO <sub>2</sub> Total	tCO <sub>2</sub>	86.357.962,129	91.425.376,737	99.536.409,083
Energi Netto Total	MWh	97.473.000,000	102.176.000,000	107.975.000,000
Faktor Emisi OM	tCO <sub>2</sub> /MWh	0,886	0,895	0,922
Faktor Emisi OM Rata-rata	tCO <sub>2</sub> /MWh	0,901		

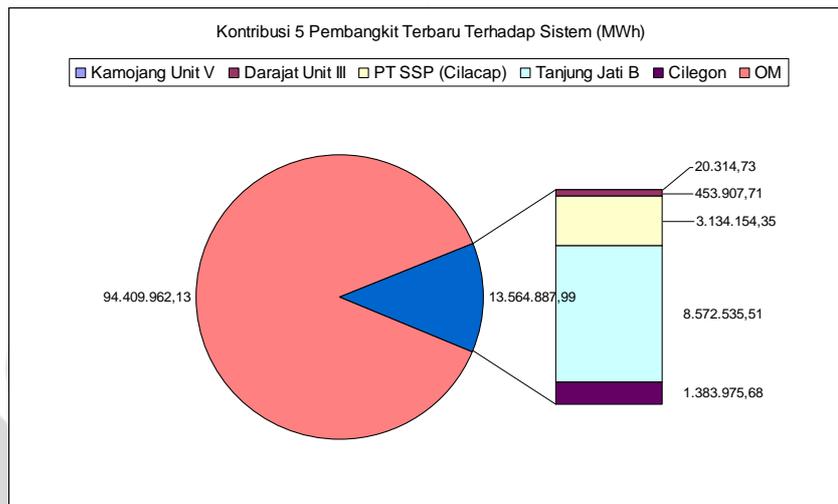
Faktor emisi OM pada tahun 2007 adalah rata-rata dari faktor emisi OM berdasarkan data pada Tabel 4.3. Sehingga diperoleh faktor emisi OM di tahun 2007 adalah sebesar 0,901 tCO<sub>2</sub>/MWh.

#### 4.2.3 Menghitung Faktor Emisi *Build Margin* (BM)

Pembangkit-pembangkit yang dapat dikategorikan ke dalam *Build Margin* (BM) adalah pembangkit-pembangkit yang termasuk ke dalam 5 pembangkit terbaru di dalam sistem atau pembangkit-pembangkit yang umurnya tidak lebih

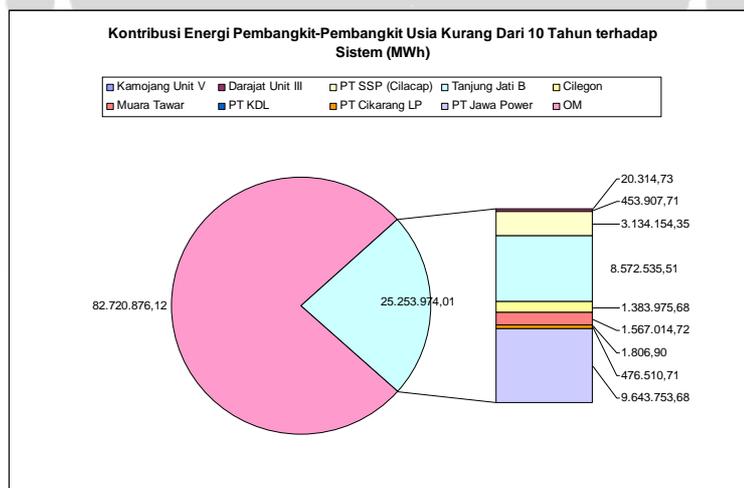
dari 10 tahun dengan produksi energi listrik selama setahun kontribusinya lebih dari 20% energi yang ada di dalam sistem.

Selain itu, yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan BM adalah dengan melihat kuantitas energi listrik yang dihasilkan selama satu tahun oleh masing-masing kategori pembangkit. Sebaiknya dipilih kelompok yang menghasilkan energi listrik dengan jumlah yang paling besar. Lima pembangkit terbaru di dalam sistem ketenagalistrikan JAMALI dapat dilihat pada Tabel 4.6.



Gambar 4.5. Kontribusi Energi 5 Pembangkit Terbaru Terhadap Sistem  
 Sumber: Rekapitulasi Neraca kWh PT PLN (Persero) P3B

Berdasarkan data seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.5 maka kontribusi 5 pembangkit terbaru di sistem JAMALI tersebut terhadap total energi netto yang dibangkitkan di sistem adalah sebesar 12,5%.



Gambar 4.6. Kontribusi Energi Pembangkit Usia <10 Tahun Terhadap Sistem  
 Sumber: Rekapitulasi Neraca kWh PT PLN (Persero) P3B

Berdasarkan data pada Gambar 4.6 di atas maka kontribusi pembangkit-pembangkit yang usianya tidak lebih dari 10 tahun terhadap energi yang dibangkitkan oleh sistem JAMALI adalah sebesar 23,39%. Perolehan persentase yang terbesar diberikan oleh pembangkit-pembangkit yang usianya tidak lebih dari 10 tahun yang berada di sistem, oleh sebab itu pembangkit-pembangkit tersebut dimasukkan ke dalam kategori pembangkit BM.

Perhitungan faktor emisi BM sama dengan cara perhitungan yang dilakukan dalam menentukan faktor emisi OM. Namun pada perhitungan faktor emisi BM, data yang digunakan berbeda dengan data untuk menghitung faktor emisi OM. Pada penghitungan faktor emisi BM hanya pembangkit-pembangkit yang masuk ke dalam kategori BM yang menjadi dasar perhitungan dan tahun data yang digunakan hanya tahun 2007. Emisi CO<sub>2</sub> dari setiap jenis bahan bakar pembangkit yang termasuk ke dalam BM seperti tertera pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Emisi CO<sub>2</sub> Pembangkit *Build Margin* (BM)

Jenis Bahan Bakar	Satuan	Emisi CO <sub>2</sub>
MFO	tCO <sub>2</sub>	1.311.585,901
Batubara		25.123.745,304
Gas Alam		1.201.842,989
Total		27.637.174,194

Faktor emisi BM merupakan perbandingan antara emisi CO<sub>2</sub> pembangkit-pembangkit BM dengan jumlah energi listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit-pembangkit tersebut, sehingga faktor emisi BM adalah sebesar 1,106 tCO<sub>2</sub>/MWh. Tabel 4.5. menunjukkan faktor emisi BM di sistem ketenagalistrikan JAMALI.

Tabel 4.5. Faktor Emisi BM

Definisi	Satuan	Jumlah
Emisi CO <sub>2</sub> Total	tCO <sub>2</sub>	27.637.174,194
Energi Netto Total (EG <sub>y</sub> )	MWh	25.253.974,005
EF <sub>grid,BM,y</sub>	tCO <sub>2</sub> /MWh	1,094

#### 4.2.4 Menghitung Faktor Emisi *Combine Margin* (CM)

Faktor emisi *Combine Margin* (CM) merupakan jumlah total faktor emisi *Operating Margin* (OM) dengan faktor emisi *Combine Margin* (CM) setelah

masing-masing faktor emisi tersebut dikalikan dengan parameter  $W_{OM}$  untuk Faktor emisi OM dan  $W_{BM}$  untuk faktor emisi BM. Nilai *default* dari  $W_{OM}$  dan  $W_{BM}$  adalah 0,5, sehingga faktor emisi CM yang merupakan faktor emisi *baseline* di sistem ketenagalistrikan JAMALI adalah sebesar 0,998 tCO<sub>2</sub>/MWh.

Berdasarkan perhitungan maka faktor emisi *Operating Margin* (OM), *Build Margin* (BM), dan *Combine Margin* (CM) di sistem ketenagalistrikan JAMALI secara lengkap yaitu seperti tertera di Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Faktor Emisi Sistem JAMALI

Faktor Emisi	Satuan	Jumlah
<i>Operating Margin</i> (OM)	tCO <sub>2</sub> /MWh	0,901
<i>Build Margin</i> (BM)		1,094
<i>Combine Margin</i> (CM)		0,998

### 4.3 Uji Sensitivitas *Baseline* Faktor Emisi Di Sistem Jamali

Untuk mempelajari pengaruh penambahan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di sistem ketenagalistrikan JAMALI maka perlu dilakukan analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas dilakukan dengan cara merubah parameter-parameter yang mempengaruhi jumlah emisi CO<sub>2</sub> di sistem ketenagalistrikan. Parameter-parameter yang dipilih dalam penelitian ini terdiri atas faktor kapasitas dan nilai kalori murni (NCV) batubara.

Faktor kapasitas dipilih karena akan berpengaruh pada besarnya energi listrik yang disalurkan ke sistem oleh pembangkit yang bersangkutan sedangkan nilai kalori batubara dipilih karena pembangkit-pembangkit yang diasumsikan akan ditambahkan ke dalam sistem JAMALI adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) batubara. Penentuan nilai kalori batubara yang digunakan yaitu dengan menggunakan nilai kalori batubara terendah yang ada di dalam Statistik Mineral, Batubara, dan Panas Bumi tahun 2005.

Pembangkit-pembangkit listrik yang diasumsikan sebagai PLTU tambahan terdiri atas tiga pembangkit yaitu:

1. PLTU 2 Banten (Labuan) berkapasitas  $2 \times 315 \text{ MW} = 630 \text{ MW}$
2. PLTU 1 Jawa Tengah (Rembang) berkapasitas  $2 \times 315 \text{ MW} = 630 \text{ MW}$
3. PLTU 1 Jawa Barat (Indramayu) berkapasitas  $2 \times 350 \text{ MW} = 700 \text{ MW}$

Ketiga pembangkit di atas dipilih karena hingga saat ini pembangkit-pembangkit tersebut menjadi fokus kegiatan pengembangan yang dilakukan oleh PT PLN (Persero). Ketiga PLTU ini menggunakan bahan bakar batubara.

NCV yang dipakai pada penelitian ini berdasarkan nilai kalori batubara terendah yang tercatat di dalam buku Statistik Mineral, Batubara, dan Panas Bumi 2005 yaitu batubara jenis Wara-2 produksi PT Adaro Indonesia dengan nilai kalori 4.555 kcal/kg. Nilai kalori ini merupakan *gross calorific value* (GCV) sehingga NCV dari batubara tersebut adalah 5% lebih rendah dari GCV<sup>10</sup> atau sebesar 4.327 kcal/kg. Dari NCV terendah tersebut kemudian secara bertahap ditingkatkan sebesar 1%. Nilai maksimum NCV yang digunakan yaitu sebesar 7.939 kcal/kg. Pembatasan ini dilakukan karena berdasarkan buku statistik tersebut di atas, nilai kalori maksimum yang batubara yang diproduksi di Indonesia adalah sebesar 8.000 kcal/kg. Dengan demikian maka NCV maksimum sebesar 7.600 kcal/kg sehingga pada perhitungan NCV maksimum yang digunakan sebesar 7.554 kcal/kg.

#### 4.3.1 Uji Sensitivitas Faktor Emisi *Baseline* Dengan Faktor Kapasitas 60%

Faktor kapasitas sebesar 60% merupakan faktor kapasitas terendah yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan faktor kapasitas sebesar 60% maka energi yang dibangkitkan oleh tiga PLTU tambahan selama satu tahun menjadi seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Energi Dihasilkan Pembangkit Dengan Faktor Kapasitas 60%

Pembangkit	Energi (MWh)
PLTU 2 Banten (Labuan)	3.311.280
PLTU 1 Jateng (Rembang)	3.311.280
PLTU 1 Jabar (Indramayu)	3.679.200
Total	10.301.760

Penggunaan batubara dari setiap PLTU dihitung dengan menggunakan asumsi bahwa untuk membangkitkan energi listrik sebesar 1 kWh setiap pembangkit listrik membutuhkan kalori batubara sebesar 2.400 kcal. Asumsi ini diperoleh berdasarkan perhitungan yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi (DJLPE) dalam memperkirakan kebutuhan bahan

<sup>10</sup> Intergovernmental Panel On Climate Change (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories Energy* (vol. 2). Japan: Author. hal. 1-16

bakar bagi pembangkit-pembangkit yang termasuk ke dalam proyek percepatan pembangunan PLTU batubara 10.000 MW. Sedangkan asumsi PT PLN (Persero) di dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2009 – 2018 sebesar 2.388 kcal/kWh.

Untuk menambahkan jumlah energi yang dihasilkan oleh ketiga PLTU ke dalam sistem JAMALI, maka sebagian energi yang terdapat di sistem pada tahun tersebut harus dikurangi sejumlah energi yang diasumsikan dihasilkan oleh ketiga PLTU. Dalam penelitian ini energi yang dikurangi adalah energi yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar minyak yaitu HSD/IDO. Hal ini dilakukan berdasarkan asumsi bahwa ketiga PLTU tersebut dibangun untuk menggantikan pembangkit-pembangkit berbiaya bahan bakar mahal seperti HSD/IDO.

Tabel 4.8. memperlihatkan penggunaan bahan bakar HSD/IDO setelah penambahan 3 PLTU di sistem JAMALI. Energi yang dihasilkan oleh pembangkit-pembangkit berbahan bakar HSD/IDO setelah penambahan PLTU merupakan selisih antara energi yang dihasilkan oleh pembangkit tersebut sebelum penambahan 3 PLTU baru dengan jumlah energi yang diasumsikan dihasilkan oleh ketiga PLTU pada faktor kapasitas 60%.

Tabel 4.8. Penggunaan HSD/IDO Setelah Penambahan PLTU batubara

Energi Dihasilkan HSD/IDO	19.501,780	GWh
Energi Dihasilkan 3 Pembangkit	10.301,760	GWh
Energi Dihasilkan HSD/IDO Setelah ditambahkan 3 Pembangkit	9.200,020	GWh
Penggunaan HSD/IDO Setelah Digantikan Batubara	2.272.932,000	Kl

Berdasarkan hasil perhitungan seperti diperlihatkan maka nilai faktor emisi *baseline* di sistem ketenagalistrikan JAMALI dengan asumsi faktor kapasitas pembangkit sebesar 60% adalah seperti diperlihatkan oleh Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Faktor Emisi *Baseline* Pada Faktor Kapasitas PLTU 60%

NCV (kcal/kg)	4.327	4.370	4.414	4.458	4.503	4.548	4.593	4.639	4.686	4.732	4.780
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	1,048	1,045	1,042	1,039	1,036	1,034	1,031	1,028	1,025	1,023	1,020
NCV (kcal/kg)	4.827	4.876	4.925	4.974	5.024	5.074	5.124	5.176	5.227	5.280	5.333
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	1,018	1,015	1,012	1,010	1,007	1,005	1,003	1,000	0,998	0,995	0,993
NCV (kcal/kg)	5.386	5.440	5.494	5.549	5.605	5.661	5.717	5.774	5.832	5.890	5.949
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,991	0,988	0,986	0,984	0,981	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,968
NCV (kcal/kg)	6.009	6.069	6.130	6.191	6.253	6.315	6.379	6.442	6.507	6.572	6.638
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,966	0,964	0,962	0,960	0,958	0,956	0,954	0,952	0,950	0,948	0,947
NCV (kcal/kg)	6.704	6.771	6.839	6.907	6.976	7.046	7.116	7.187	7.259	7.332	7.405
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,945	0,943	0,941	0,939	0,937	0,936	0,934	0,932	0,930	0,929	0,927
NCV (kcal/kg)	7.479	7.554									

BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,925	0,924
-----------------------------	-------	-------

Dari tabel di atas terlihat bahwa ketika PLTU tambahan diasumsikan memiliki faktor kapasitas sebesar 60% dan menggunakan batubara dengan NCV 4.327 kcal/kg, maka nilai faktor emisi *baseline* yang dihasilkan sebesar 1,048 tCO<sub>2</sub>/MWh. Faktor emisi *baseline* ketika PLTU tambahan diasumsikan memiliki faktor kapasitas sebesar 60% dan menggunakan batubara dengan NCV 7.554 kcal/kg nilainya sebesar 0,924 tCO<sub>2</sub>/MWh. Dari tabel tersebut juga terlihat bahwa semakin besar NCV dari batubara yang digunakan oleh PLTU tambahan maka nilai faktor emisi *baseline* akan semakin kecil. Hal ini memperlihatkan bahwa semakin tinggi NCV batubara, maka proses pembakaran bahan bakar akan semakin baik yang ditandai dengan semakin kecilnya emisi yang dihasilkan.

#### 4.3.2 Uji Sensitivitas Faktor Emisi *Baseline* Dengan Faktor Kapasitas 70%

Dalam melakukan uji sensitivitas dengan menggunakan faktor kapasitas sebesar 70% proses perhitungan yang dilakukan serupa dengan pada saat menggunakan faktor kapasitas 60%. Energi listrik yang dihasilkan oleh ketiga PLTU tambahan selama satu tahun dengan faktor kapasitas 70% akan lebih besar dibandingkan dengan jumlah energi yang dihasilkan dengan faktor kapasitas 60%. Jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh ketiga PLTU dengan faktor kapasitas sebesar 70% diperlihatkan oleh Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Energi Dihasilkan PLTU Dengan Faktor Kapasitas 70%

Pembangkit	Energi (MWh)
PLTU 2 Banten (Labuan)	3.863.160
PLTU 1 Jateng (Rembang)	3.863.160
PLTU 1 Jabar (Indramayu)	4.292.400
Total	12.018.720

Tabel 4.10. memperlihatkan bahwa energi listrik yang dihasilkan ketiga PLTU sebesar 12.018.720 MWh ini menunjukkan penambahan energi listrik dibandingkan dengan menggunakan faktor kapasitas 60% adalah sebesar 1.716.960 MWh.

Setelah dilakukan penghitungan energi yang dihasilkan oleh ketiga pembangkit tambahan dengan faktor kapasitas 70% selanjutnya melakukan

penghitungan untuk menentukan jumlah penggunaan batubara. Tabel 4.11. menunjukkan jumlah energi yang dibangkitkan oleh pembangkit-pembangkit berbahan bakar HSD/IDO setelah penambahan 3 PLTU baru pada faktor kapasitas 70%.

Tabel 4.11. Penggunaan HSD/IDO Setelah Penambahan PLTU batubara

Energi Dihasilkan HSD/IDO	19.501,780	GWh
Energi Dihasilkan 3 Pembangkit	12.018,720	GWh
Energi Dihasilkan HSD/IDO Setelah ditambahkan 3 Pembangkit	7.483,060	GWh
Penggunaan HSD/IDO Setelah Digantikan Batubara	1.848.745	Kl

Tabel 4.12. memperlihatkan perubahan faktor emisi *baseline* di sistem ketenagalistrikan JAMALI ketika PLTU tambahan diasumsikan memiliki faktor kapasitas 70%.

Tabel 4.12. Faktor Emisi *Baseline* Pada Faktor Kapasitas PLTU 70%

NCV (kcal/kg)	4.327	4.370	4.414	4.458	4.503	4.548	4.593	4.639	4.686	4.732	4.780
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	1,055	1,051	1,048	1,045	1,042	1,039	1,036	1,033	1,030	1,027	1,024
NCV (kcal/kg)	4.827	4.876	4.925	4.974	5.024	5.074	5.124	5.176	5.227	5.280	5.333
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	1,022	1,019	1,016	1,013	1,010	1,008	1,005	1,002	1,000	0,997	0,994
NCV (kcal/kg)	5.386	5.440	5.494	5.549	5.605	5.661	5.717	5.774	5.832	5.890	5.949
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,992	0,989	0,987	0,984	0,982	0,979	0,977	0,975	0,972	0,970	0,968
NCV (kcal/kg)	6.009	6.069	6.130	6.191	6.253	6.315	6.379	6.442	6.507	6.572	6.638
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,965	0,963	0,961	0,959	0,956	0,954	0,952	0,950	0,948	0,946	0,944
NCV (kcal/kg)	6.704	6.771	6.839	6.907	6.976	7.046	7.116	7.187	7.259	7.332	7.405
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,941	0,939	0,937	0,935	0,933	0,931	0,930	0,928	0,926	0,924	0,922
NCV (kcal/kg)	7.479	7.554									
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,920	0,918									

Tabel di atas menunjukkan bahwa ketika PLTU tambahan diasumsikan memiliki faktor kapasitas sebesar 70% dan menggunakan batubara dengan NCV sebesar 4.327 kcal/kg maka nilai faktor emisi *baseline* menjadi 1,055 tCO<sub>2</sub>/MWh. Faktor emisi *baseline* ini nilainya lebih tinggi jika dibandingkan dengan faktor emisi *baseline* ketika PLTU tambahan diasumsikan memiliki faktor kapasitas sebesar 60% dan menggunakan batubara dengan NCV yang setara. Selisih dari kedua nilai faktor emisi *baseline* tersebut yaitu sebesar 0,007 tCO<sub>2</sub>/MWh atau sekitar 0,66%.

Hal yang sebaliknya terjadi ketika PLTU tambahan diasumsikan memiliki faktor kapasitas 70% dan menggunakan batubara dengan NCV sebesar 7.554 kcal/kg. Faktor emisi *baseline* yang dihasilkannya menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan faktor emisi *baseline* ketika PLTU tambahan diasumsikan memiliki faktor kapasitas 60% dengan NCV batubara yang sama. Selisih dari

kedua nilai faktor emisi *baseline* tersebut yaitu sebesar 0,004 tCO<sub>2</sub>/MWh atau sekitar 0,44%.

#### 4.3.3 Uji Sensitivitas Faktor Emisi *Baseline* Dengan Faktor Kapasitas 80%

Alasan yang digunakan dalam pemilihan faktor kapasitas sebesar 80% yaitu untuk menyesuaikan dengan asumsi yang digunakan oleh DJLPE. DJLPE mempergunakan asumsi ini salah satunya untuk menetapkan kepastian pasokan batubara bagi PLTU tambahan tersebut. Tabel 4.13. memperlihatkan energi yang dibangkitkan oleh ketiga PLTU tambahan dengan faktor kapasitas 80%.

Tabel 4.13. Energi Dihasilkan PLTU Dengan Faktor Kapasitas 80%

Pembangkit	Energi (MWh)
PLTU 2 Banten (Labuan)	4.415.040
PLTU 1 Jateng (Rembang)	4.415.040
PLTU 1 Jabar (Indramayu)	4.905.600
Total	13.735.680

Berdasarkan data seperti ditunjukkan oleh Tabel 4.15. maka dapat ditentukan jumlah konsumsi batubara oleh ketiga PLTU pada tahun 2007. Setelah diketahui jumlah konsumsi batubara oleh ketiga PLTU berdasarkan beberapa jenis nilai kalori batubara, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah penggunaan HSD/IDO. Tabel 4.14. menunjukkan penggunaan HSD/IDO setelah penambahan tiga pembangkit baru di sistem.

Tabel 4.14. Penggunaan HSD/IDO Setelah Penambahan PLTU batubara

Energi Dihasilkan HSD/IDO	19.501,780	GWh
Energi Dihasilkan 3 Pembangkit	13.735,680	GWh
Energi Dihasilkan HSD/IDO Setelah ditambahkan 3 Pembangkit	5.766,000	GWh
Penggunaan HSD/IDO Setelah Digantikan Batubara	1.424.557	Kl

Tabel 4.15. menunjukkan variasi faktor emisi *baseline* di sistem ketenagalistrikan JAMALI ketika PLTU tambahan diasumsikan memiliki faktor kapasitas sebesar 80%. Hasil ini merupakan hasil uji terakhir yang dilakukan untuk mendapatkan variasi nilai faktor emisi berdasarkan NCV batubara yang digunakan pembangkit.

Tabel 4.15. Faktor Emisi *Baseline* Pada Faktor Kapasitas Pembangkit 80%

NCV (kcal/kg)	4.327	4.370	4.414	4.458	4.503	4.548	4.593	4.639	4.686	4.732	4.780
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	1,061	1,058	1,054	1,051	1,047	1,044	1,041	1,038	1,035	1,031	1,028
NCV (kcal/kg)	4.827	4.876	4.925	4.974	5.024	5.074	5.124	5.176	5.227	5.280	5.333
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	1,025	1,022	1,019	1,016	1,013	1,010	1,007	1,004	1,002	0,999	0,996
NCV (kcal/kg)	5.386	5.440	5.494	5.549	5.605	5.661	5.717	5.774	5.832	5.890	5.949
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,993	0,990	0,988	0,985	0,982	0,980	0,977	0,975	0,972	0,969	0,967
NCV (kcal/kg)	6.009	6.069	6.130	6.191	6.253	6.315	6.379	6.442	6.507	6.572	6.638
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,964	0,962	0,960	0,957	0,955	0,952	0,950	0,948	0,945	0,943	0,941
NCV (kcal/kg)	6.704	6.771	6.839	6.907	6.976	7.046	7.116	7.187	7.259	7.332	7.405
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,939	0,937	0,934	0,932	0,930	0,928	0,926	0,924	0,922	0,920	0,918
NCV (kcal/kg)	7.479	7.554									
BEF (tCO <sub>2</sub> /MWh)	0,916	0,914									

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai faktor emisi *baseline* di sistem JAMALI pada kondisi PLTU tambahan diasumsikan beroperasi dengan faktor kapasitas 80% dan menggunakan batubara dengan NCV sebesar 4.327 kcal/kg, merupakan yang tertinggi jika dibandingkan dengan 2 kondisi sebelumnya. Namun kondisi yang sebaliknya terjadi pada kondisi PLTU tambahan diasumsikan beroperasi dengan faktor kapasitas 80% dan menggunakan batubara dengan NCV sebesar 7.554 kcal/kg. Pada kondisi ini faktor emisi *baseline* yang dihasilkan merupakan yang paling rendah di bandingkan dengan 2 kondisi sebelumnya.