

# ANALISA PENGARUH KUALITAS BATUBARA TERHADAP BIAYA PEMBANGKITAN (STUDI KASUS DI PLTU REMBANG)

**Agus Adhi Nugroho**

Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Islam Sultan Agung  
Email : [agusadhi11@gmail.com](mailto:agusadhi11@gmail.com)

## **ABSTRACT**

*Coal is one of the sources of energy that are widely used in power generation. Indonesian coal production as much as 254 million tons in 2009 as much as 75% is exported, while the remaining 25% for domestic consumption. Since much of high-grade coal (coal high range) were exported out of the country makes the plants in Indonesia were operating using with a low quality coal.*

*The results of the analysis carried out in PLTU Rembang of September-November 2013 can be concluded that the lower the calorific value of coal used the higher the mass flow rate of coal, the steam mass flow rate is relatively the same. The higher the load, the coal mass flow rate is also higher, the specific fuel consumption (kg / kWh) was decrease, the heat rate was decrease. However, the thermal efficiency was increase.*

*When the load of 180 MW to 250 MW more efficient use of coal composition 100% LRC. At a load of 200 MW to 250 MW more efficient use of coal composition of 25% MRC and 75% LRC. From the average value of the price of production, more efficient use of coal composition 100% LRC, but with the composition can not achieve the highest load. When viewed from the average value that can meet the highest load, the more efficient is by using the coal composition of 50% MRC and 50% LRC.*

**Keywords:** *PLTU Rembang, Heat rate, Thermal Efficiency.*

## 1. PENDAHULUAN

Energi listrik yang banyak kita gunakan dewasa ini sebagian besar dihasilkan dengan memakai bahan bakar fosil sebagai energi utamanya. Penggunaan batubara yang mempunyai kalori yang berbeda beda akan

mempengaruhi hasil energy listrik yang dikeluarkan dan juga gas hasil sampingan pembakaran yang berbeda sehingga polusi yang ditimbulkan juga akan berbeda.

Produksi batubara Indonesia sebanyak 254 juta ton pada tahun 2009

sebanyak 75% diekspor, sedangkan sisanya 25% untuk konsumsi dalam negeri. Banyaknya batubara bermutu tinggi (high range coal) yang diekspor keluar negeri menjadikan pembangkit yang beroperasi di Indonesia menggunakan batubara dengan mutu yang kurang. Beberapa jenis batubara yang dipakai pada pembangkitan listrik adalah jenis medium range coal dan low range coal dengan nilai kalori dari 4100 kkal/kg sampai dengan 5200 kkal/kg.

Dengan rendahnya mutu batubara yang digunakan maka diperkirakan pemakaiannya akan menjadi kurang maksimal dalam pembakarannya. Untuk itu dalam tulisan ini akan dibahas seberapa besar konsumsi energy spesifik (*specific energy consumption*) yang bisa dioptimalkan dengan berbagai kombinasi persentase campuran bahan bakar yang ada.

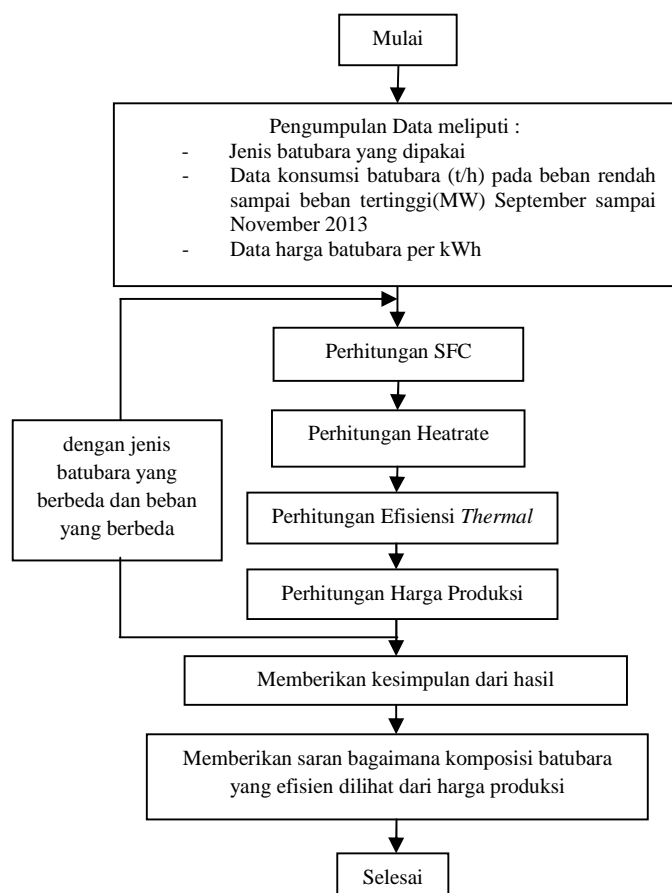
Data yang dipergunakan dalam perbandingan konsumsi energy spesifik disini berasal dari data riil yang diambil dari PLTU Rembang dengan kapasitas pembangkit 2 x 280 MW mulai dari bulan September 2013 sampai dengan bulan November 2013.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian skripsi ini, tahapan-tahapan yang

dilakukan secara berurut disusun secara sistematis dengan tujuan mendapatkan keterhubungan antara data dan informasi yang diperoleh dengan hasil yang ingin didapat, yaitu hubungan antara kualitas batubara dengan output yang dihasilkan pembangkit.

Secara garis besar diagram alir penelitian dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 1. Diagram Alir penelitian

## 3. PEMBAHASAN

A. Analisis Pengaruh Penambahan Beban Terhadap Laju Aliran Massa  
Dari data hasil pengamatan bulan September 2013 sampai dengan bulan

November 2013, didapatkan data laju aliran massa bahan bakar (batubara) dan laju aliran massa uap ditunjukkan pada tabel 1. Dari tabel terlihat bahwa

semakin rendah nilai kalori batubara yang digunakan, semakin tinggi laju aliran batubara.

Tabel 1. Perbandingan laju aliran massa bahan bakar dan laju aliran massa uap

NO	MW	100% MRC		75%MRC 25%LRC		50%MRC 50%LRC		25%MRC 75LRC		100% LRC	
		COAL	STEAM	COAL	STEAM	COAL	STEAM	COAL	STEAM	COAL	STEAM
1	180	93	528	97	528	102	532	114	536	124	533
2	200	103	589	107.5	571	113	570	170	644	133	637
3	220	111	652	116	629	122	663	133	694	145	689
4	250	124	737	131.5	735	138	760	149	748	163	745
5	280	137	826	147	803	153.3	861	166	805	173	800
6	300	147	886	155	861	162	928	178	858	178	859

**B. Menghitung Specific Fuel Consumption**

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomi suatu mesin. Dengan parameter ini maka jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu dapat dihitung dengan berdasarkan SPLN No. 80 tahun 1989 ada beberapa persamaan yang digunakan untuk menghitung konsumsi spesifik

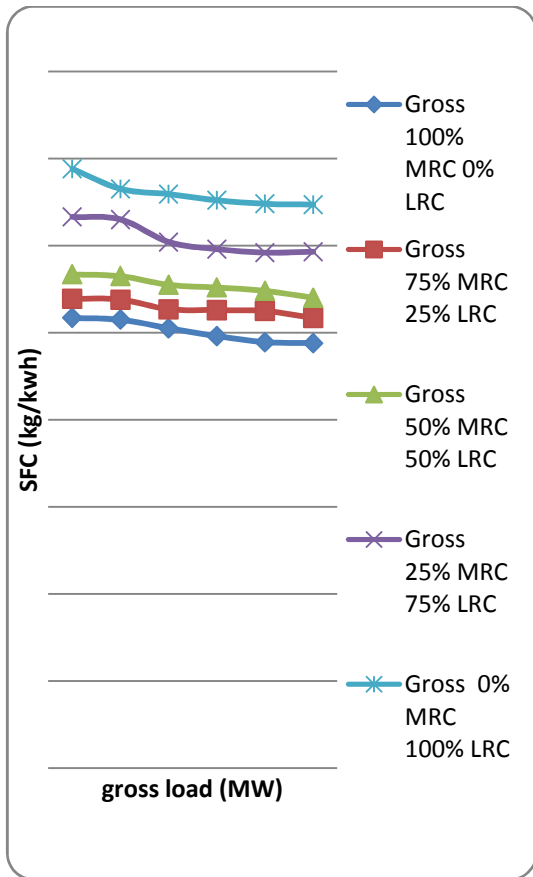
bahan bakar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{SFC gross} &= \frac{Q_f}{kWh(\text{gross})} \\
 &= \frac{93}{180} \\
 &= 0.517 \text{ kg/kWh} \\
 \text{SFC netto} &= \frac{Q_f}{kWh(\text{netto})} \\
 &= \frac{93}{160} \\
 &= 0.581 \text{ kg/kWh}
 \end{aligned}$$

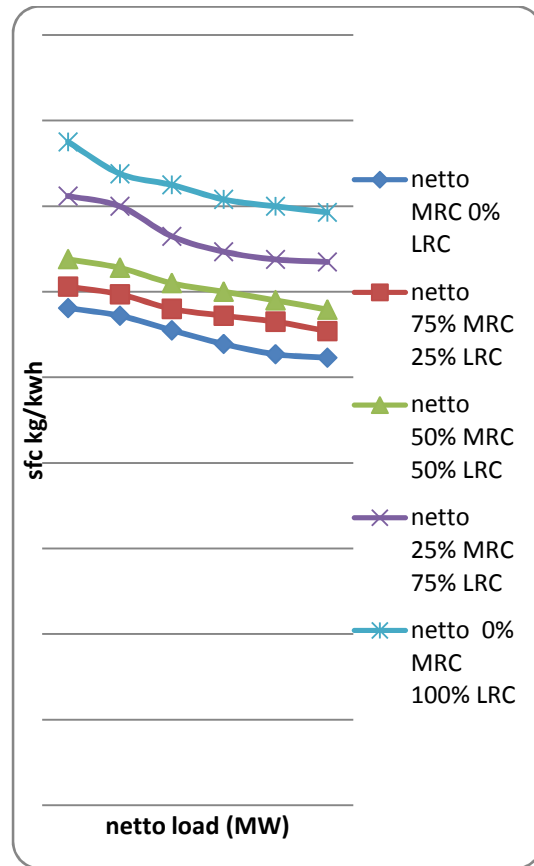
Analog dengan perhitungan di atas, maka diperoleh hasil perhitungan SFC bisa dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan SFC Gross dengan kombinasi batubara

No	kwh	Gross 100% MRC 0% LRC	Gross 75% MRC 25% LRC	Gross 50% MRC 50% LRC	Gross 25% MRC 75% LRC	Gross 0% MRC 100% LRC
1	180	0.517	0.539	0.567	0.633	0.688
2	200	0.515	0.538	0.565	0.63	0.665
3	220	0.505	0.527	0.555	0.604	0.659
4	250	0.496	0.526	0.552	0.596	0.652
5	280	0.489	0.525	0.548	0.592	0.648
6	300	0.488	0.517	0.54	0.593	0.647



Gambar 2. Grafik Perbandingan SFC Gross dengan kombinasi batubara



Gambar 3. Grafik Perbandingan SFC Netto dengan kombinasi batubara

Tabel 3. Perbandingan SFC Netto dengan kombinasi batubara

No		netto MRC 0% LRC	netto 75% MRC 25% LRC	netto 50% MRC 50% LRC	netto 25% MRC 75% LRC	netto 0% MRC 100% LRC
1	160	0.581	0.606	0.638	0.712	0.775
2	180	0.572	0.597	0.628	0.7	0.738
3	200	0.555	0.58	0.61	0.665	0.725
4	230	0.539	0.572	0.6	0.647	0.708
5	260	0.527	0.565	0.59	0.638	0.7
6	280	0.523	0.554	0.579	0.635	0.693

Dari perhitungan, tabel dan grafik diatas, terlihat bahwa semakin bertambahnya beban atau daya yang dibangkitkan oleh generator sinkron maka konsumsi spesifik bahan bakar semakin menurun baik *gross* maupun *netto*. Jadi SFC saat beban rendah sangat tinggi dan sebaliknya. Salah satu penyebabnya adalah PLTU yang beroperasi baik pada beban rendah maupun pada beban tinggi mempunyai kWh pemakaian sendiri yang 26 relatif rata-rata sama yaitu 20MWh guna

menjalankan peralatan – peralatan bantu pembangkit.

**C. Analisis Pengaruh Penambahan Beban Terhadap Efisiensi Termal**

Perhitungan *heatrate* disini menggunakan rumus berdasarkan SPLN No. 80 tahun 1989 dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

Dengan beban 180 MW .gross, 160 MW *netto*, diketahui laju bahan bakar 93 t/h

$$HR_{gross} = \frac{Q_f \times LHV}{kWh(gross)}$$

$$= \frac{93 \times 5100.5}{180}$$

$$= 2635.258 \text{ kCal/kWh}$$

$$HR_{netto} = \frac{Q_f \times LHV}{kWh(netto)}$$

$$= \frac{93 \times 5100.5}{160}$$

$$= 2964.666 \text{ kCal/kWh}$$

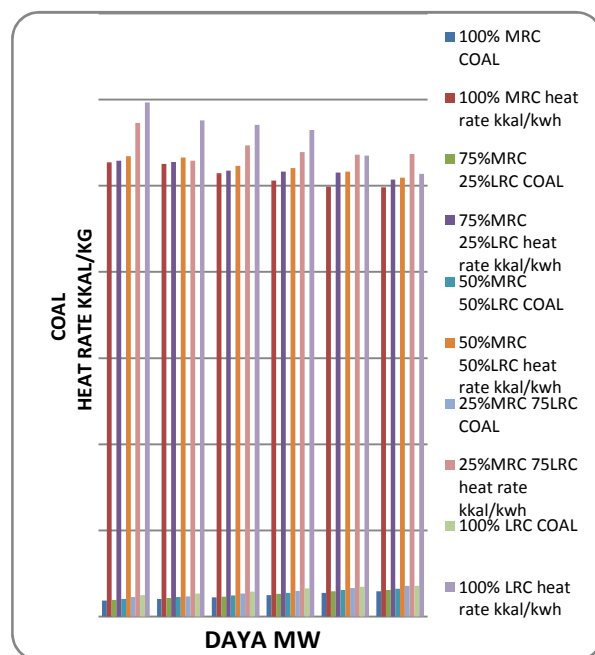
Analog dengan perhitungan seperti di atas, didapatkan nilai tabel sebagai berikut

Tabel 4. Perbandingan beban dan nilai *heatrate brutto* dengan batubara kombinasi

NO		100% MRC		75%MRC 25%LRC		50%MRC 50%LRC	
		COAL	heat rate kcal/kwh	COAL	heat rate kcal/kwh	COAL	heat rate kcal/kwh
1	180	93	2,635	97	2,645	102	2,672
2	200	103	2,627	107.5	2,638	113	2,664
3	220	111	2,573	116	2,588	122	2,615
4	250	124	2,530	131.5	2,582	138	2,603
5	280	137	2,496	147	2,577	153.3	2,582
6	300	147	2,491	155	2,536	162	2,546

Lanjutan

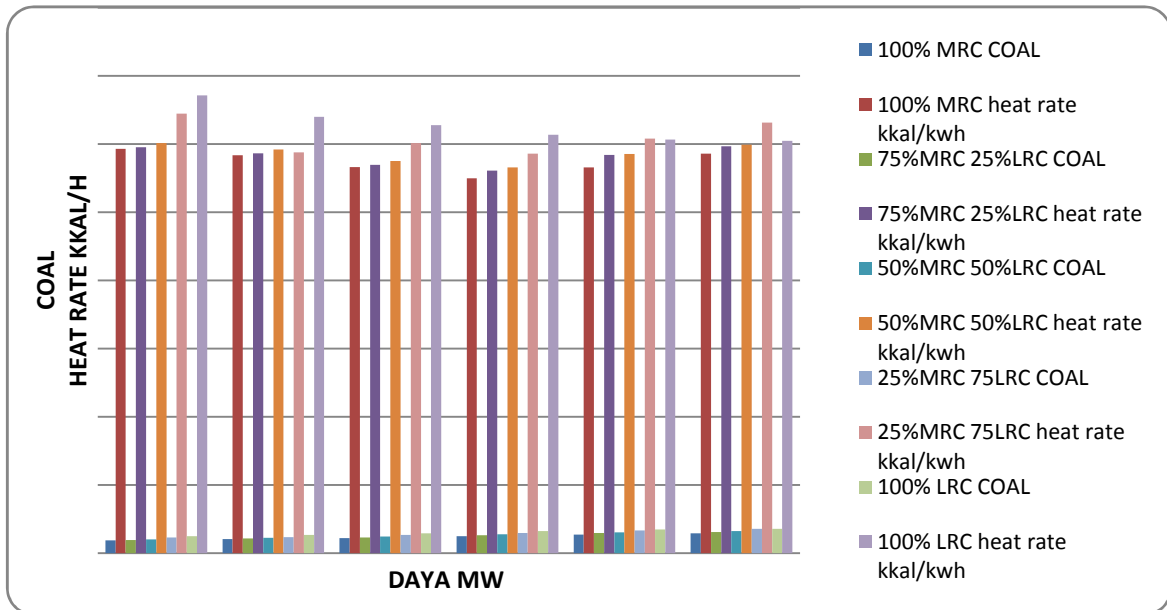
NO		25%MRC 75LRC		100% LRC	
		COAL	heat rate kcal/kwh	COAL	heat rate kcal/kwh
1	180	114	2,864	124	2,983
2	200	117	2,646	133	2,880
3	220	133	2,734	145	2,854
4	250	149	2,696	163	2,823
5	280	166	2,681	173	2,675
6	300	178	2,684	178	2,569



Gambar 4. Grafik Perbandingan beban dan nilai *heatratebrutto* dengan pengisian batubara kombinasi

Tabel 5. Perbandingan beban dan nilai *heatrate netto* dengan batubara kombinasi

NO		100% MRC		75% MRC 25% LRC		50% MRC 50% LRC		25% MRC 75% LRC		100% LRC	
		COAL	heat rate kkal/kwh	COAL	heat rate kkal/kwh	COAL	heat rate kkal/kwh	COAL	heat rate kkal/kwh	COAL	heat rate kkal/kwh
1	160	93	2,965	97	2,975	102	3,006	11	3,222	12	3,356
2	180	103	2,919	107.5	2,931	113	2,960	7	2,940	13	3,200
3	200	111	2,831	116	2,847	122	2,876	13	3,008	14	3,139
4	230	124	2,750	131.5	2,806	138	2,829	14	2,930	16	3,069
5	247	137	2,829	147	2,921	153.3	2,927	16	3,040	17	3,033
6	255	147	2,930	155	2,983	162	2,996	17	3,157	17	3,023



Gambar 5. Grafik Perbandingan beban dan nilai *heatrate netto* dengan pengisian batubara kombinasi

#### D. Perhitungan Efisiensi *Thermal*

Perhitungan efisiensi thermal dihitung dengan rumus berikut misalnya dengan beban 180 MW gross dan beban 160 MW *netto*, dan dengan heat rate gross yang dihitung diatas :

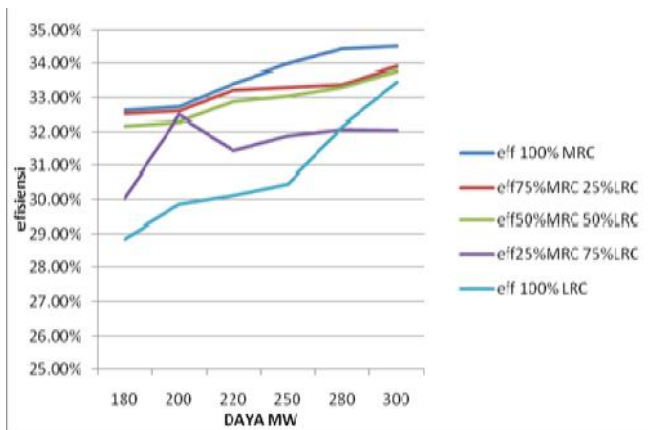
$$\begin{aligned}
 y_{th} &= \frac{859.854}{HR(gross)} \times 100\% \\
 &= \frac{859.854}{2635.258} \times 100\% \\
 &= 32.628\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_{th} &= \frac{859.854}{HR(netto)} \times 100\% \\
 &= \frac{859.854}{2964.666} \times 100\% \\
 &= 29.003\%
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan seperti di atas, didapatkan nilai 28table perhitungan efisiensi *brutto* dengan kombinasi batubara sebagai ditunjukkan pada tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 6 Perhitungan efisiensi *brutto* dengan kombinasi batubara

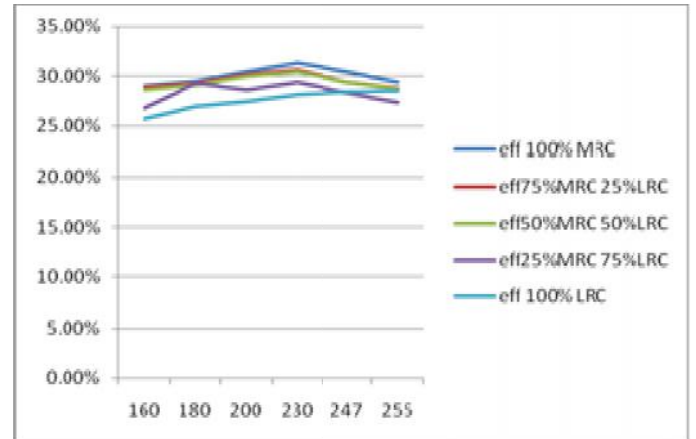
no		eff 100% MRC	eff75% MRC 25%LRC	eff50% MRC 50%LRC	eff25% MRC 75%LRC	eff 100% LRC
1	180	32.63%	32.51%	32.18%	30.02%	28.82%
2	200	32.73%	32.59%	32.28%	32.50%	29.86%
3	220	33.41%	33.23%	32.88%	31.45%	30.13%
4	250	33.99%	33.31%	33.04%	31.90%	30.46%
5	280	34.45%	33.37%	33.31%	32.07%	32.14%
6	300	34.52%	33.91%	33.77%	32.04%	33.47%



Gambar 6. Grafik Hasil Perhitungan Efisiensi *Brutto* Dengan Kombinasi Batubara

Tabel 7 Perhitungan Efisiensi *Netto* Dengan Kombinasi Batubara

no		eff 100% MRC	eff75% MRC 25%LRC	eff50% MRC 50%LRC	eff25% MRC 75%LRC	eff 100% LRC
1	160	29.00%	28.90%	28.60%	26.68%	25.62%
2	180	29.46%	29.34%	29.05%	29.25%	26.87%
3	200	30.38%	30.21%	29.89%	28.59%	27.39%
4	230	31.27%	30.64%	30.39%	29.35%	28.02%
5	247	30.39%	29.44%	29.38%	28.29%	28.35%
6	255	29.34%	28.82%	28.70%	27.24%	28.45%



Gambar 7. Grafik Hasil Perhitungan Efisiensi *Netto* Dengan Kombinasi Batubara

Dari grafik terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya beban atau daya yang dibangkitkan oleh generator maka tara kalor (*heatrate*) menurun. Maksudnya adalah jumlah kalor yang dibakar dalam kilo kalori untuk menghasilkan satu kwh menurun. Tara kalor (*heatrate*) berbanding terbalik dengan efisiensi termal, artinya makin rendah makin baik.

Dengan naiknya beban maka efisiensi semakin tinggi, ini bias dipahami karena variable pemakaian sendiri akan cenderung tetap, sehingga bila generator dibebani lebih tinggi maka perbandingan keluaran dan total daya akan semakin besar.

### E. Perhitungan Harga Produksi Per Kwh

Berikut adalah tabel harga batubara berdasarkan asalnya (tabel 8) dan harga batubara berdasarkan komposisinya (tabel 9).

Tabel 8. Harga Batubara

No.	Suplier	Harga (Rp/kg)			
		Suplier	Transpo rtasi	10% Pajak	Total
1	Bukit Asam	727.30	117.75	84.51	929.56
2	KPC	767.34	166.00	93.33	1,026.67
3	PLN Batubara	523.09	108.01	63.11	694.21
4	Arutmin	506.24	92.82	59.91	658.97
5	Titan	411.75	220.00	63.18	694.93
6	Kideco	525.18	138.20	66.34	729.72
7	EEl	471.80	122.00	59.38	653.18

Tabel 9. Harga Batubara MRC Dan LRC Yang Dikombinasikan Dengan Persentase

No.	Komposisi Batubara	Total Harga (Rp/kg)
1	100% MRC	978.11
2	75% MRC, 25% LRC	905.14
3	50% MRC, 50% LRC	832.16
4	25% MRC, 75% LRC	759.18
5	100% LRC	686.20

Rumus untuk menghitung harga produksi per kWh adalah sebagai berikut :

$$\text{Harga produksi} = SFC_{gross} \text{ (kcal)} \times \text{Harga (Rp/kg)}$$

Misal dengan beban 180 MW dan pengisian batubara full LRC diketahui

nilai SFC 0.51kg/kWh, dan harga batubara Rp 978.11,00

$$\text{Harga produksi} = SFC_{gross} \text{ (kcal)} \times \text{Harga (Rp/kg)}$$

$$= 0.51 \text{ kcal} \times \text{Rp } 978.11,00 / \text{kg}$$

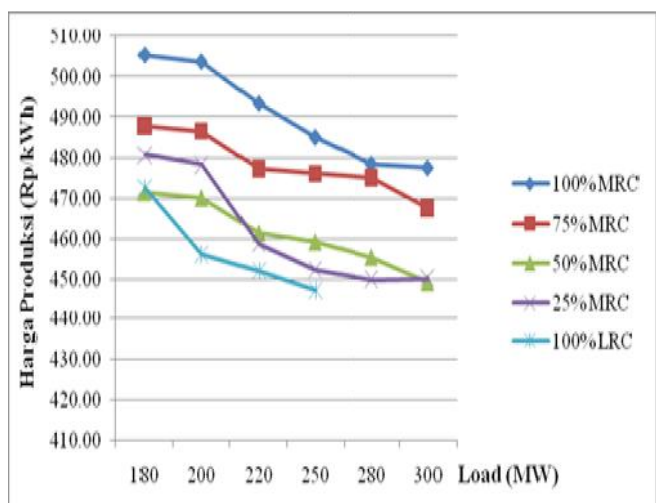
$$= \text{Rp } 505.36/\text{kWh}$$

Analogi dengan perhitungan seperti di atas diperoleh tabel sebagai berikut :

Tabel 10. Harga Batubara Dengan Prosentase Dan Kenaikan Beban

Beban (MW)	Harga produksi (Rp/kWh)				
	100% MRC	75% MRC	50% MRC	25% MRC	100% LRC
180	505.36	487.77	471.56	480.81	472.72
200	503.73	486.51	470.17	478.28	456.32
220	493.50	477.25	461.47	458.96	452.27
250	485.14	476.10	459.35	452.47	447.40
280	478.58	475.20	455.61	450.09	Tdk mampu
300	477.65	467.65	449.37	450.45	Tdk mampu
Rata-Rata	490,66	478,41	461,25	461,84	457,18

Dari tabel tersebut didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik Harga Produksi Listrik Dari Batubara (Rp/kWh)



Dari tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa pada saat beban rendah antara 180 MW sampai dengan 250 MW lebih efisien menggunakan komposisi batubara 100% LRC, selanjutnya pada beban 250 MW sampai dengan 300 MW akan lebih murah dengan menggunakan campuran bahan bakar 25% MRC dan 75% LRC.

Sedangkan untuk komposisi yang sering digunakan adalah campuran 50% MRC dan 50% LRC karena tidak perlu lagi merubah kombinasi campuran yang terlalu banyak.

#### 4. PENUTUP

##### Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Untuk laju aliran uap yang sama maka batubara dengan kalori rendah (LRC) akan diperlukan lebih banyak dibanding dengan batubara MRC.
2. Konsumsi spesifik bahan bakar (kg/kWh) akan semakin menurun dengan bertambahnya beban, ini terjadi karena pada beban rendah komposisi udara dan bahan bakar tidak sebaik pada beban tinggi

sehingga efisiensi pembakarannya juga tidak sebaik pada beban tinggi.

3. Dengan naiknya beban maka juga nilai tara kalor (*heatrate*) semakin menurun. Artinya, jumlah kalor yang ditambahkan dalam KKal, untuk menghasilkan satu satuan jumlah kerja dalam kilowatt perjam (kWh) semakin menurun. Tara kalor (*heatrate*) berbanding terbalik dengan efisiensi termal, artinya makin rendah makin baik.
4. Semakin tinggi beban makin efisiensi ikut naik, semakin tinggi kualitas batubara makin tinggi juga efisiensinya. Jadi semakin tinggi beban maka akan semakin ekonomis dengan nilai efisiensi termal yang tinggi.
4. Saat beban 180 MW sampai 250 MW lebih efisien menggunakan komposisi batubara 100% LRC. Pada beban 200 MW sampai 250 MW lebih efisien menggunakan komposisi batubara 25% LRC dan 75% LRC. Adapun apabila dilihat dari nilai rata-rata harga produksi, lebih efisien menggunakan komposisi batubara 100% LRC, akan tetapi dengan komposisi tersebut tidak bisa mencapai beban tertinggi. Apabila dilihat dari nilai

rata-rata yang bisa memenuhi beban tertinggi, maka yang lebih efisien adalah dengan menggunakan komposisi batubara 50% MRC dan 50% LRC

### 5.1. Saran

Untuk pengoperasian yang optimal lebih baik selalu dalam beban tinggi dan dengan komposisi konsumsi batubara 50% MRC dan 50% LRC, sehingga akan diperoleh efisiensi *thermal* yang tinggi dan dalam harga produksi akan lebih murah daripada menggunakan 100% LRC. Akan tetapi jika dilihat dari sisi lingkungan lebih baik menggunakan batubara jenis LRC dengan nilai *ash content* 3.95 % dan *volatile matter* 33.32 % dibandingkan dengan menggunakan komposisi konsumsi lain yang nilainya lebih tinggi. Sehingga dampak buruk terhadap lingkungan dari gas buang lebih diminimalisir.

### DAFTAR PUSTAKA

Budi, C.A. (2008). *Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Dengan Menggunakan Metode Least Square*. Makalah Program Studi

Teknik Elektro. Universitas Diponegoro.

Jokosetyarjo, M.J. (1932). *Ketel Uap*. Jakarta : Pradnya pramita.

Marsudi, D. (2005). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Graha Ilmu.

Marsudi, D. (2005). *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta : Erlangga.

Owner: *Rebang Coal Fired Power Plant*. (2010). *Turbine Operation Manual and Boiler*. Vol. 3. PT. DEC, China.

Raharjo, I. B. (2009, maret 06). *Teknologi Pembakaran Pada PLTU Batubara*. Retrieved September 09, 2013, from imambudiraharjo: <http://imambudiraharjo.wordpress.com/2009/03/06/teknologi-pembakaran-pada-pltu-batubara/>