

ANALISIS VARIASI NILAI KALOR BATUBARA DI PLTU TANJUNG JATI B TERHADAP ENERGI INPUT SYSTEM

M Denny Surindra

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, KotakPos 6199/SMG, Semarang 503293
Telp. 024-7473417, 024-7466420 (hunting), Fax. 024-7472396

Abstrak

Batubara dengan nilai kalor yang bervariasi dipergunakan untuk mengoperasikan PLTU TJB di jepara. Sehingga menarik untuk dianalisis dengan membandingkan nilai kalor dengan energi input yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan air heater. Nilai energi input terbesar adalah 2005 MW dengan nilai kalori batubara (HHV) sebesar 25063 kJ/kg dan nilai energi air heater sebesar 194 MW. Sedangkan energi input terendah adalah 1342 MW dengan nilai kalori batubara (HHV) sebesar 23473 kJ/kg. dan energi air heater sebesar 155 MW. Load terbesar adalah 95 %, sebesar 1734 MW, 1996 MW, dan 2005 MW dan nilai load terendah 68 %, dengan nilai energi input sebesar 1342 MW.

Kata kunci : “nilai kalor”, “batubara”, “energi input”, “PLTU”

1. Pendahuluan

Indonesia termasuk negara dengan sumber tambang batu bara terbesar di dunia. Cadangannya diperkirakan 36.3 milyar ton. Dari total sumber daya tersebut, hanya 7.6 milyar ton yang dapat dikatakan sebagai cadangan pasti (*reserve*) dan sekitar 58.5% dari cadangan batu bara tersebut tergolong batubara muda (*lignite*). Kendala yang dihadapi dalam pemakaian batu bara muda ini adalah nilai kalor rendah, sedangkan kadar sulfur dan air tinggi Cahyono dkk, 2008.

Pulau Papua belum melakukan eksplorasi batubara secara masif jika dibandingkan dengan Pulau Kalimantan dan Sumatera, untuk itu Permana dkk, 2013 tertarik untuk meneliti kandungan batubara di Propinsi Papua Barat. Permana dkk, 2013 melaporkan bahwa untuk *rank* batubara berdasarkan *mean reflectance of vitrinite* berkisar 0,23 - 0,25% menunjukkan peringkat batubara di Inamo dan Klasaman sama yakni lignit yang membedakan hanya nilai kalorinya. Dimana nilai kalori batubara Inamo lebih tinggi berkisar 4.851 - 4.868 cal/g dibanding batubara Klasaman 4.541 cal/g. Hal ini dapat menjadi data untuk melakukan langkah konkrit bagi pemerintah dalam pengembangan eksplorasi batubara di Papua Barat khususnya Kabupaten Sorong.

Usaha untuk meningkatkan nilai kalor menarik Sari 2013 yang dalam penelitiannya berusaha mendapatkan nilai kalor pembakaran dan kadar air dengan menggunakan kalorimeter bom dan oven secara berurutan. Sedangkan untuk kadar

abu dan kadar zat terbang ditentukan menggunakan furnace, adapun kadar karbon terikat dihitung dari kadar air, kadar abu dan kadar za terbang. Sari 2013, mendapatkan rasio campuran antara batubara 10% dan arang tempurung kelapa 90% sebagai biobriket dengan nilai kalor pembakaran paling optimum. Nilai kalor pembakaran yang dihasilkan $6,13 \pm 0,01 \times 10^3$ Kal/gr, merupakan yang paling tinggi diantara komposisi yang lain. Kadar air paling rendah yaitu $7,6 \pm 0,1$ %, kadar abu paling rendah $3,2 \pm 0,1$ %, kadar karbon terikat paling tinggi 28,1 % dan kadar zat terbang paling rendah $0,61 \pm 0,06 \times 10^2$ %.

Kadar energi atau nilai suatu pembakaran batubara adalah suatu sifat yang penting untuk mengetahui jumlah energi yang terdapat pada batubara tersebut. Nilai kalor menunjukkan jumlah energi kimia yang terdapat dalam suatu massa atau volume bahan bakar. Nilai kalor ini dinyatakan dengan satuan kilojoule per kilogram (kJ/kg).

Saat ini pembangkit listrik di Indonesia banyak menggunakan bahan bakar batubara, seperti di PLTU Tanjung Jati B di jepara. Batubara yang digunakan berasal dari berbagai tempat dengan nilai kalor yang bervariasi, sehingga menarik untuk dianalisis besarnya nilai kalor yang dipergunakan. Tujuan dari penulisan paper ini ingin menganalisis nilai kalor yang dipergunakan untuk mengoperasikan PLTU TJB di jepara. Nilai kalor tersebut dibandingkan dengan energi input yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan *air heater*.

2. Metode Penelitian

Ada dua basis analisis batubara, yaitu analisis proksimasi dan analisis ultimasi. Kedua sistem analisis ini memberikan fraksi-fraksi massa atau gravimetrik dan komponen-komponen di dalam batubara dan kedua analisis dapat dilaporkan dengan berbagai cara yang berbeda. Pada saat setiap lapisan batubara, terdapat dua komponen yang dapat menunjukkan variasi penting dari keseluruhan lapisan tersebut. Komponen tersebut adalah kebasahan dan abu. Fraksi abu bervariasi oleh karena abu pada dasarnya adalah bahan organik pada waktu proses pemadatan. Kadar kebasahan batubara sangat bervariasi, tergantung pada keterbukaan pada air tanah sebelum penambangan dan atas keterbukaan ke udara bebas sewaktu pengangkutan dan penyimpanan sebelum dibakar.

Analisis Proksimasi

Analisis proksimasi adalah analisis batubara yang paling sederhana dan menghasilkan fraksi massa dari karbon tetap (FC), bahan bakar dapat menguap (VM), kebasahan (M), dan abu (A) dalam batubara. Analisis ini dapat dilakukan dengan menimbang, memanaskan, dan membakar sebuah sampel kecil batubara. Suatu sampel batubara dihaluskan (*powderd coal*) ditimbang dengan hati-hati lalu dipanaskan hingga 110°C (230°F) selama 20 menit. Sampel ini kemudian ditimbang kembali dan kehilangan massa dibagi dengan massa semula akan memberikan fraksi massa dalam kebasahan sampel. Kemudian sampel dipanaskan ke temperatur 954°C (1750°F) dalam sebuah tabung tertutup selama 7 menit, dan sesudah itu kemudian ditimbang. Massa yang hilang karenanya dibagi dengan massa semula menghasilkan fraksi massa dari bahan yang dapat menguap didalam sampel. Sampel kemudian dipanaskan ke temperatur 732°C (1350°F) dalam sebuah cawan peleburan hingga terbakar sempurna. Sisanya kemudian ditimbang dan berat terakhir ini dibagi dengan berat semula menghasilkan fraksi abu. Fraksi massa dari karbon tetap diperoleh dengan cara mengurangkan fraksi kebasahan,

bahan dapat menguap, dan abu, dari kesatuan. Sebagai tambahan terhadap FC, VM, M, dan A, kebanyakan analisis proksimasi juga memuat fraksi massa sulfur (S) dan nilai pembakaran tinggi (HHV) batubara.

Analisis ultimasi

Analisis ultimasi batubara adalah suatu analisis laboratorium yang memuat fraksi massa karbon (C), hidrogen (H₂), oksigen (O₂), sulfur (S), nitrogen (N₂) didalam batubara sekaligus dengan nilai pembakaran tinggi (HHV)-nya. Kebanyakan analisis ultimasi memberikan kebasahan M dan A abu secara terpisah, tetapi beberapa analisis memasukkan kebasahan sebagai bagian dari fraksi massa hidrogen dan oksigen. Analisis ultimasi diperlukan untuk menentukan kebutuhan udara pembakaran untuk suatu sistem tertentu dan digunakan untuk mengukur sistem aliran bagi dapur pembakaran. Perhitungan-perhitungan ini jika mungkin hendaklah didasarkan dari pada analisis ultimasi begitu terbakar.

Untuk dapat mengetahui massa karbon (C), hidrogen (H₂), oksigen (O₂), sulfur (S), nitrogen (N₂) di dalam batubara sekaligus dengan nilai pembakaran tinggi (HHV) suatu sampel batubara dengan menggunakan rumus dibawah ini (*Bureau of Energy Efficiency*) :

a. Prosentase Karbon (C)

$$C = 0,97 FC + 0,7 (VM + 0,1A) - M(0,6 - 0,01M) \quad (2.1)$$

b. Kandungan Hidrogen (H₂)

$$H_2 = 0,036FC + 0,086 (VM + 0,1xA) - 0,0035M^2(1 - 0,02M) \quad (2.2)$$

c. Kandungan Nitrogen (N₂)

$$N_2 = 2.10 - 0.02 \times VM \quad (2.3)$$

Dimana :

FC = Prosentase dari karbon tetap (*fixed carbon*) [%]

A = Prosentase abu (*ash*) [%]

VM = Prosentase bahan bakar yang menguap (*volatile matter*) [%]

M = Prosentase kebasahan (*moisture*) [%]

Sebenarnya ada dua macam nilai pembakaran, yakni nilai pembakaran tinggi atau bruto dan nilai pembakaran rendah atau netto. Perbedaan antara kedua nilai pembakaran ini pada dasarnya sama dengan panas laten penguapan dari uap air yang terdapat dalam hasil gas buang ketika bahan bakar dibakar dengan udara kering. Selain berasal dari pembakaran hidrogen, uap air yang terbentuk pada proses pembakaran dapat berasal dari kandungan air yang memang sudah ada dalam bahan bakar (*moisture*). Panas laten pengkondensasian uap air pada tekanan parsial 20 kN/m² (tekanan yang umum timbul pada gas buang motor bakar) adalah 2400 kJ/kg. HHV dan LHV merupakan panas laten dari sejumlah uap air yang terjadi dari hasil pembakaran bahan bakar bersangkutan, bila pembakaran memakai udara kering. Perbedaan antara nilai pembakaran tinggi dan rendah dihitung dengan cara pendekatan berdasarkan rumus berikut ini yang dapat dipakai untuk sebarang bahan bakar dalam basis massa Nilai HHV dapat ditentukan sebagai berikut

$$HHV = 33950.C + 144200 \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400.S \quad (2.4)$$

Dimana :

HHV = Nilai kalor atas [kJ/kg]

C = Persentase karbon dalam bahan bakar [%]

H₂ = Persentase hidrogen dalam bahan bakar [%]

O₂ = Persentase oksigen dalam bahan bakar [%]

S = Persentase sulfur dalam bahan bakar [%]

Nilai kalor bawah (LHV) dapat ditentukan sebagai berikut, yaitu selisih antara HHV dengan panas laten yang terbentuk dari proses pembakaran.

$$LHV = HHV - 2400(M + 9 \times H_2) \quad (2.5)$$

Dimana :

LHV = nilai kalor bawah [kJ/kg]

M = kandungan air dalam bahan bakar (*moisture*) [%]

H₂ = fraksi massa hidrogen bahan bakar [%]

Secara teori jumlah oksigen yang diperlukan agar dicapai pembakaran sempurna dapat dihitung. Akan tetapi dalam aktualnya, pembakaran tidak pernah ideal. Udara harus disuplai berlebih agar pembakaran sempurna dapat tercapai. Kelebihan jumlah udara dari nilai teoritis dinyatakan sebagai eksese udara. Penentuan eksese udara dalam pembakaran dapat ditetapkan dengan dasar nilai rasio bahan bakar-udara (*air-fuel ratio*, AFR) pada keadaan stokiometrik. Keadaan stokiometrik adalah keadaan ideal AFR pada pembakaran yang stokiometrik, yaitu komposisi udara dan bahan bakar sesuai dengan komposisi kesetimbangan kimia. Persamaan rasio bahan bakar-udara:

$$AFR = \frac{\left[(11,6xC) + \left\{ 34,8x \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) \right\} + (4,35xS) \right]}{100} \quad (2.6)$$

Dimana :

AFR = Persamaan rasio bahan bakar-udara [kg bahan bakar / kg udara]

C = Persentase karbon dalam bahan bakar [%]

H₂ = ersentase hidrogen dalam bahan bakar [%]

O₂ = Persentase oksigen dalam bahan bakar [%]

S = Persentase sulfur dalam bahan bakar

3. Hasil dan Pembahasan

Data Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Tanjung Jati B Unit 1 yang didapatkan dari analisa proksimasi pada sampel batubara.

Tabel 1. Hasil Analisa Proksimasi

ITEM	UNIT	RESULT	REFERENCE METHOD
Total Moisture AR	%	18.67	ISO 589
Air Dried Loss	%	12.90	ISO 589
Residual Moisture	%	6.63	ISO 589
Inherent Moisture ADB	%	8.10	ASTM D5142-04
Volatile Matter ADB	%	38.32	ASTM D5142-04
Fixed Carbon ADB	%	47.36	ASTM D5142-04
Ash Content ADB	%	4.61	ASTM D5142-04
Total Sulfur ADB	%	0.88	ASTM D4239-05

Berdasarkan data Tabel 1, didapat persamaan sebagai berikut :

1. Prosentase Karbon (C)

$$C = 0,97 FC + 0,7(VM + 0,1 A) - M(0,6 - 0,01 M)$$

$$C = 0,97 (47,36) + 0,7 (38,32 + 0,1 4,61) - 18,67 (0,6 - 0,01 \times 18,67)$$

$$C = 65,37 \%$$

2. Prosentase Hidrogen (H₂)

$$H_2 = 0,036 FC + 0,086 (VM - 0,1 \times A - 0,0035 M^2 (1 - 0,02 M))$$

$$H_2 = 0,036 (47,36) + 0,086 (38,32 - 0,1 \times 4,61 -$$

$$0,0035 (18,67)^2 (1 - 0,02 \times 18,67))$$

$$H_2 = 4,2 \%$$

3. Prosentase Nitrogen (N₂)

$$N_2 = 2,10 - 0,02 \times VM$$

$$N_2 = 2,10 - 0,02 \times 38,32$$

$$N_2 = 1,33 \%$$

4. Prosentase Sulfur (S)

$$S = 0,88\%$$

5. Prosentase Oksigen (O₂)

$$O_2 = 100\% - (\% C + \% H_2 + \% N_2 + \% S)$$

$$O_2 = 100\% - (65,37 + 4,2 + 1,33 + 0,88)\%$$

$$O_2 = 28,22 \%$$

Dari hasil konversi analisa ultimasi didapatkan nilai kandungan batubara. Kemudian dengan menggunakan persamaan Dulong Petit untuk mendapatkan nilai kalori batubara.

• Nilai Kalor Atas Batubara (HHV)

$$HHV = 33950C + 144200 \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400S$$

$$HHV = 33950 \times 0,6537 + 144200 \left(0,042 - \frac{0,2822}{8} \right)$$

$$+ 9400 \times 0,88$$

$$HHV = 23240,15 \text{ kJ/kg}$$

• Nilai Kalor Bawah Batubara (LHV)

$$LHV = HHV - 2400 (M + 9 \times H_2)$$

$$LHV = 23240,15 - 2400 (0,1867 + 9 \times 0,042)$$

$$LHV = 21885,66 \text{ [kJ/kg]}$$

Nilai kalori batubara adalah 21885.66 kJ/kg

Sedangkan untuk AFR yang terjadi pada proses pembakaran :

$$AFR = \frac{\left[(11,6 \times 0,6537) + \left\{ 34,8 \times \left(0,042 - \frac{0,2822}{8} \right) \right\} + (4,35 \times 0,88) \right]}{100}$$

$$AFR = 7853 \text{ kg bahanbakar / kg udara}$$

Energi Fuel \dot{Q}_f

$$\dot{Q} = \frac{LHV \times \dot{m}_{bb}}{1000}$$

Dimana :

\dot{Q}_F = Laju Energi Fuel (bahan bakar) [MW]

LHV = Nilai Kalor Bawah [kJ/kg]

\dot{m}_{bb} = Laju aliran massa bahan bakar [kg/s]

Sehingga energi yang terkandung dalam batubara adalah 1530,17 MW.

Energi Air Heater (\dot{Q}_{AH})

$$\dot{Q}_{AH} = \dot{Q}_{AH A} + \dot{Q}_{AH B}$$

$$\dot{Q}_{AH} = \frac{\dot{m}_u \times c_{p_{udara}} \times \Delta T}{1000}$$

$$\dot{Q}_{AH} = \frac{\dot{m}_u \times c_{p_{udara}} \times (T_{out} - T_{in})}{1000}$$

Dimana :

\dot{Q}_{AH} = laju energi *Air Heater* [MW]

\dot{m}_u = laju aliran massa udara [kg/s]

C_{pud} = panas jenis udara [1.005 kJ/kg.K]

ΔT = selisih suhu udara [K]

T_{in} = temperatur udara masuk *air heater* [K]

T_{out} = temperatur udara keluar *air heater* [K]

Perhitungan Energi pada *Air Heater A*

$$\dot{Q}_{AH} = \frac{\dot{m}_u \times c_{pudara} \times \Delta T}{1000}$$

$$\dot{Q}_{AH} = \frac{\dot{m}_u \times c_{pudara} \times (T_{out} - T_{in})}{1000}$$

$$\dot{Q}_{AH A} = \frac{318.61 \times 1.005 \times (335 - 36)}{1000}$$

$$\dot{Q}_{AH A} = 95.74 \text{ MW}$$

Perhitungan Energi pada *Air Heater B*

$$\dot{Q}_{AH B} = \frac{\dot{m}_u \times c_{pudara} \times (T_{out} - T_{in})}{1000}$$

$$\dot{Q}_{AH B} = \frac{321.67 \times 1.005 \times (333 - 35)}{1000}$$

$$\dot{Q}_{AH B} = 96.36 \text{ MW}$$

Perhitungan Energi Total *Air Heater*

$$\dot{Q}_{AH} = \dot{Q}_{AH A} + \dot{Q}_{AH B}$$

$$\dot{Q}_{AH} = 95.74 + 96.36$$

$$\dot{Q}_{AH} = 192.08 \text{ MW}$$

Energi total yang dihasilkan oleh *Air Heater* adalah **192.08** MW

Energi Input (\dot{Q}_{Input})

$$\dot{Q}_{Input} = \dot{Q}_F + \dot{Q}_{AH}$$

Dimana :

\dot{Q}_{Input} : Laju Energi Input (masukan) [MW]

\dot{Q}_F : Laju Energi *Fuel* (bahan bakar) [MW]

\dot{Q}_{AH} : Laju Energi *Air Heater* (pemanas udara) [MW]

$$\dot{Q}_{Input} = \dot{Q}_F + \dot{Q}_{AH}$$

$$\dot{Q}_{Input} = 1561.50 + 171.08$$

$$\dot{Q}_{Input} = 1722.25 \text{ MW}$$

Dengan perhitungan yang sama dapat ditabelkan data kandungan batubara sebagai berikut:

Tabel 2. Data Kandungan Batubara 1

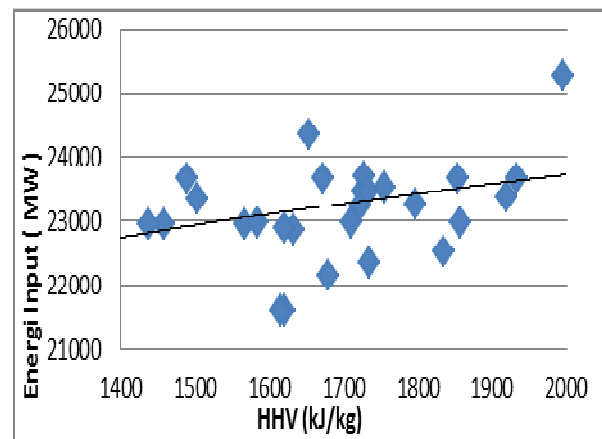
Tgl	Analisa Proksimasi				
	Fixed Carbon (%)	Ash (%)	Volatile Matter (%)	Moisture (%)	Sulphur (%)
1	48.03	4.41	37.85	14.52	0.87
2	47.44	5.15	37.83	16.81	0.91
3	47.44	5.15	37.83	16.81	0.91
4	47.44	5.15	37.83	16.81	0.91
5	45.23	5.27	39.80	15.49	0.87
6	46.42	4.93	38.94	15.67	0.86
7	47.36	4.61	38.32	18.67	0.88
8	45.52	5.00	38.18	16.77	0.76
9	45.66	5.19	38.84	16.71	0.87
10	45.66	5.19	38.84	16.71	0.87
11	45.66	5.19	38.84	16.71	0.87
12	44.69	5.40	39.60	14.49	0.91
13	45.32	6.20	38.17	14.85	0.74
14	44.48	5.67	39.55	14.19	0.72
15	44.48	5.67	39.55	14.19	1.72
16	45.12	4.93	39.64	14.20	0.76
17	45.12	4.93	39.64	14.20	1.76
18	45.12	4.93	39.64	14.20	2.76
19	45.12	4.93	39.64	14.20	3.76
20	42.63	7.64	39.42	16.56	0.67
21	42.63	7.64	39.42	16.59	0.67
22	42.98	6.31	40.41	16.37	0.76
23	44.95	4.21	39.94	17.11	0.61
24	44.95	4.21	39.94	17.11	0.61
25	44.95	4.21	39.94	17.11	0.61
26	44.95	4.21	39.94	17.11	0.61
27	47.94	4.22	40.34	15.48	0.76
28	47.12	4.42	41.08	16.34	1.10
29	42.69	6.24	40.18	16.00	0.76
30	44.57	5.92	39.20	15.73	1.14

Tabel 3. Data Kandungan Batubara 2.

Tgl	Analisa Ultimasi				HHV (kj/kg)	LHV (kj/kg)	AFR (kgf /kgu)
	%C	%H2	%N2	%O2			
1	66.79	4.42	1.34	26.58	24344	23040	8.17
2	65.60	4.26	1.34	27.89	23473	22149	7.92
3	65.60	4.26	1.34	27.89	23473	22149	7.92
4	65.60	4.26	1.34	27.89	23473	22149	7.92
5	65.21	4.43	1.30	28.19	23521	22193	7.92
6	65.68	4.39	1.32	27.75	23706	22382	7.98
7	65.37	4.20	1.33	28.22	23240	21886	7.85
8	63.98	4.23	1.34	29.70	22532	21217	7.63
9	64.61	4.29	1.32	28.91	22989	21662	7.77
10	64.61	4.29	1.32	28.91	22989	21662	7.77
11	64.61	4.29	1.32	28.91	22989	21662	7.77
12	64.85	4.45	1.31	28.48	23380	22072	7.87
13	64.41	4.32	1.34	29.20	22900	21611	7.74
14	64.73	4.45	1.31	28.79	23268	21966	7.84
15	64.73	4.45	1.31	27.79	23268	21966	7.92
16	65.36	4.49	1.31	28.09	23665	22355	7.95
17	65.36	4.49	1.31	27.09	23665	22355	8.04
18	65.36	4.49	1.31	26.09	23665	22355	8.13
19	65.36	4.49	1.31	25.09	23665	22355	8.21
20	62.29	4.22	1.31	31.51	21610	20301	7.35
21	62.28	4.22	1.31	31.52	21603	20294	7.35
22	63.28	4.34	1.29	30.33	22341	21011	7.56
23	64.52	4.34	1.30	29.23	22954	21605	7.75
24	64.52	4.34	1.30	29.23	22954	21605	7.75
25	64.52	4.34	1.30	29.23	22954	21605	7.75
26	64.52	4.34	1.30	29.23	23343	21980	7.75
27	68.14	4.58	1.29	25.22	25264	23903	8.43
28	67.64	4.56	1.28	25.42	25063	23685	8.38
29	62.93	4.33	1.30	30.68	22149	20830	7.51
30	64.12	4.33	1.32	29.09	22879	21566	7.73

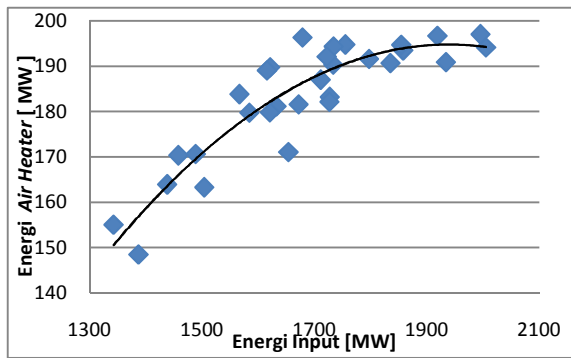
Energi Input (Q_{in})

Energi input pada PLTU Tanjung Jati B Unit 1 terdiri dari energi *fuel* yang terkandung dalam batubara dan energi *air heater* yang terkandung dalam udara pembakaran. Besarnya nilai energi input dipengaruhi oleh energi *fuel* dan energi *air heater*. Oleh karena itu energi input dipengaruhi oleh nilai kalori batubara dan nilai energi yang terkandung dalam udara yang dibutuhkan untuk pembakaran.



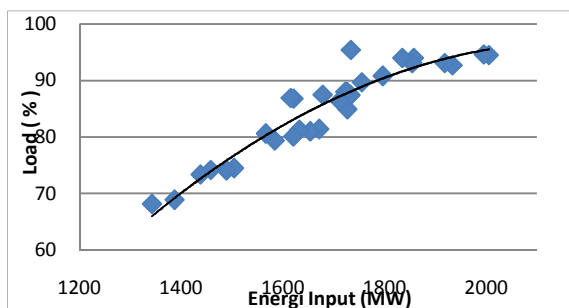
Gambar 1. Energi input dengan nilai kalor atas batubara

Berdasarkan pada Gambar 1, memperlihatkan hubungan nilai kalor atas batubara (HHV) terhadap energi input. Besarnya nilai energi input dipengaruhi oleh kalori batubara. Dimana semakin besar nilai kalori batubara (HHV) maka Energi Input yang dihasilkan juga semakin besar pula. Nilai energi input terbesar adalah 2005 MW dengan nilai kalori batubara (HHV) sebesar 25063 kJ/kg. Energi input terendah adalah 1342 MW dengan nilai nilai kalori batubara (HHV) sebesar 23473 kJ/kg.



Gambar 2. Energi input terhadap energi air heater

Berdasarkan pada Gambar 2 hubungan energi *air heater* terhadap energi input, besarnya nilai Energi Input selain dipengaruhi oleh kalori batubara juga dipengaruhi oleh energi *air heater*. Semakin besar energi inputnya maka semakin besar pula energi *air heater*. Tetapi terdapat titik jenuh pada pengaruh perubahan energi *air heater* terhadap energi input. Nilai Energi Input sekitar 1900-2100 MW perubahan energi *air heater* cenderung konstan dengan nilai antara 190-200 MW. Nilai energi input terbesar adalah 2005 MW dengan nilai energi *air heater* sebesar 194 MW. Energi input terendah adalah 1342 MW dengan energi *air heater* sebesar 155 MW. Pada sistem pembangkitan listrik pada PLTU Tanjung Jati B Unit 1, perubahan nilai energi input tergantung dengan kebutuhan beban pembangkit (*Load*). Bila *Load* (beban) naik maka energi input yang dibutuhkan juga meningkat yang dapat dibuktikan dengan grafik dibawah ini.



Gambar 3. Perubahan load dengan energi input

Dari Gambar 3 hubungan hubungan perubahan *load* dengan energi input, perubahan energi input tergantung pada perubahan *load* pembangkit. Semakin besar *load* yang bangkitkan maka semakin besar pula energi Input yang dibutuhkan. *Load* terbesar yang dibutuhkan oleh PLTU Tanjung Jati B Unit 1 adalah 95 %, yang terjadi pada tanggal 22, 27, dan 28, dengan nilai energi input masing-masing adalah sebesar 1734 MW, 1996 MW, dan 2005 MW. Kemudian nilai *load* terendah 68 %, dengan nilai Energi Input sebesar 1342 MW.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan data pada unit I PLTU Tanjung Jati B maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Energi input terdiri dari energi *fuel* dan energi *air heater*, nilai energi input terbesar adalah 2005 MW dengan nilai kalori batubara (HHV) sebesar 25063 kJ/kg. Energi input terendah adalah 1342 MW dengan nilai nilai kalori batubara (HHV) sebesar 23473 kJ/kg.
- 2) Nilai energi input terbesar adalah 2005 MW dengan nilai energi *air heater* sebesar 194 MW. Energi input terendah adalah 1342 MW dengan energi *air heater* sebesar 155 MW.
- 3) *Load* terbesar adalah 95 %, sebesar 1734 MW, 1996 MW, dan 2005 MW dan nilai *load* terendah 68 %, dengan nilai energi input sebesar 1342 MW.

5. Daftar Pustaka

- Permana, A.P., Imran, A.M., Widodo, S., 2013, “*Provenance Quaternary Coal In Inamo Region, Sorong Regency West Papua Province*”, Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

- Sari, 2013, “*Optimasi Nilai Kalor Pembakaran Biobriket Campuran Batubara Dengan Arang Tempurung Kelapa*”, Skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Juli 2013.
- Cahyono, T.D., Coto, Z., Febrianto, F., 2008, “*Analisis Nilai Kalor Dan Kelayakan Ekonomis Kayu Sebagai Bahan Bakar Substitusi Batubara di Pabrik Semen*”, Forum Pascasarjana, Vol. 31 No. 2 April 2008, 105-116.
- Alania, Nur Rizqie. 2006. “*Analisis Beban Kalor Pada Pembangkit Uap Pemulihan Kalor (HRSG) Di PLTGU Blok II PT. Indonesia Power UBP Semarang*”. Politeknik Negeri Semarang.
- Asmudi. 2010. *Analisa Unjuk Kerja Boiler Terhadap Penurunan Daya Pada PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak*. Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya.