

p.ISSN 2303-212X  
e.ISSN 2503-5398

# Jurnal DESIMINASI TEKNOLOGI



Diterbitkan Oleh :  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG**

JURNAL  
DESIMINASI TEKNOLOGI

VOL. 7

NOMOR 2

HAL.: 86 - 156

JULI 2019

**JURNAL DESIMINASI TEKNOLOGI**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG**

VOLUME 7 No. 2

p-ISSN 2303-212X

e-ISSN 2503-5398

Juli 2019

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>OPTIMALISASI RADIASI SINAR MATAHARI TERHADAP SOLAR CELL</b> <i>M. Helmi, Dina Fitria (Dosen Tek. Elektro UTP).....</i>	86 – 92
<b>ANALISIS INDEKS KEPUASAAN MASYARAKAT TERHADAP PELAYANAN PUBLIK BIDANG KESEHATAN (Studi Kasus: Faskes Tingkat I Mojokerto)</b> <i>Febri Nugroho Mujiraharjo, Mahmud Basuki (Dosen Tek. Industri Universitas Islam NU Jepara).....</i>	93 – 98
<b>PERBANDINGAN BIAYA PENGGUNAAN ENERGI BAHAN BAKAR BATUBARA DAN GAS PADA PEMBANGKIT LISTRIK</b> <i>Letifa Shintawaty (Dosen Tek. Elektro UTP).....</i>	99 – 108
<b>PENGARUH PENGGUNAAN SILIKA GEL TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON</b> <i>Indra Syahrul Fuad, Bazar Asmawi, Angga Oktari (Dosen Tek. Sipil UTP).....</i>	109 – 115
<b>STUDI PENGARUH VARIASI ELEKTRODA E 6013 DAN E 7018 TERDAHAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN PADA BAHAN BAJA KARBON RENDAH</b> <i>Rita Maria Veranika, M. Amin Fauzie, Hermanto Ali, Maulana Solihin (Dosen Tek. Mesin UTP).....</i>	116 – 122
<b>PEMBUATAN ALAT BANTU PASANG PLAFON DENGAN PENDEKATAN METODE QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)</b> <i>Hermanto MZ, Winny Andalia, Tolu Tamalika (Dosen Tek. Industri UTP) .....</i>	123 – 129
<b>ANALISIS KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DENGAN PREDIKSI PENAMBAHAN PEMBANGKIT LISTRIK DI SUMATERA SELATAN</b> <i>Yusro Hakimah (Dosen Tek. Elektro UTP).....</i>	130 – 137
<b>PENYULINGAN AIR LAUT MENJADI AIR TAWAR</b> <i>M. Ali, M. Lazim, Abdul Muin, Iskandar Badil (Dosen Tek. Mesin UTP).....</i>	138 – 142
<b>ANALISA SISTEM KOORDINASI RELAY PROTEKSI DI PLTG BORANG 60 MW SUMATERA SELATAN</b> <i>Alka Ranggi, Yuslan Basir, Dyah Utari Y.W. (Dosen Tek. Elektro UTP).....</i>	143 – 150
<b>ANALISA PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU ANTARA BEKISTING KONVENSIONAL DAN BEKISTING SISTEM LICO PADA PEMBANGUNAN VENUE DAYUNG JSC</b> <i>Ani Firda, Andio Indob Putra (Dosen Tek. Sipil UTP).....</i>	151 – 156

## **PRAKATA**

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, atas berkah dan rahmat-Nya sehingga jurnal ilmiah *Desiminasi Teknologi* dapat dikenal pada lingkungan Fakultas Teknik dan civitas akademika teknik di seluruh Indonesia.

Jurnal *Desiminasi Teknologi* disusun dari berbagai penelitian dan kajian dosen dan atau mahasiswa internal Fakultas Teknik UTP dan dosen atau mahasiswa dari fakultas Teknik di luar Universitas Tridianti Palembang yang memiliki penelitian untuk dipublikasikan. Jurnal ini terdiri dari berbagai rumpun ilmu teknik, diantaranya: Teknik Sipil, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Industri, Arsitektur dan teknik lainnya.

Pada edisi kali ini, Jurnal Desiminasi Teknologi telah memasuki terbitan Volume 7 Nomor 2 edisi Juli 2019, dan kami beritahukan juga bahwa Jurnal Desiminasi Teknologi telah terdaftar secara elektronik dengan nomor e.ISSN 2503-5398.

Segala kritik dan saran yang bersifat membangun, sangat kami harapkan untuk perbaikan penulisan jurnal ini di masa mendatang dan kepada semua pihak yang ikut terlibat dalam proses penerbitan jurnal ini, kami ucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya.

Palembang, Juli 2019

Redaksi

## PERBANDINGAN BIAYA PENGGUNAAN ENERGI BAHAN BAKAR BATUBARA DAN GAS PADA PEMBANGKIT LISTRIK

**Letifa Shintawaty<sup>5</sup>**

Email: letifa.s@univ-tridinanti.ac.id

**Abstrak:** Kemampuan melayani beban menentukan keandalan sistem tenaga listrik, sehingga besar daya yang dibangkitkan harus sama dengan besar kebutuhan di sisi beban. Pada unit pembangkit PLTU Bukit Asam dan PLTG Talang Duku, penambahan beban akan mendorong penambahan bahan bakar per satuan waktu dan pada akhirnya akan meningkatkan penambahan biaya persatuan waktu, yang biasa disebut nput output pembangkit tenaga listrik. Input pembangkit PLTU Bukit Asam dan PLTG Talang Duku merupakan kebutuhan energi panas dalam bentuk kkal/h dan mmbtu/h sedangkan output merupakan daya keluaran yang memiliki batas-batas daya operasi yaitu daya minimum dan maksimum. PLTU Bukit Asam unit 3 dengan total energi yang dibangkitkan 819.300 Kw (819,3 MW) menggunakan bahan bakar batubara sebesar 609,630 ton sedangkan PLTG Talang Duku unit 1 dan 2 (LM2500+ dan TM2500) dengan energi total yang dibangkitkan 817.240 Kw (817,24 MW) menggunakan bahan bakar gas sebesar 95.910,9 m<sup>3</sup> (3.401 mmbtu) Biaya operasional per hari konsumsi batubara di PLTU Bukit Asam unit 3 adalah Rp 665.474.637.96 lebih mahal dibandingkan dengan biaya operasional per hari konsumsi bahan bakar gas di PLTG Talang Duku unit 1 dan 2 (LM2500+ dan TM2500) Rp 448.769.420,91.

**Kata kunci:** biaya bahan bakar pembangkit, analisa biaya, batubara, gas alam, energi

**Abstract:** The ability to serve a load determines the reliability of an electric power system, so that the amount of power generated must be equal to the amount of demand on the load side. In the Bukit Asam PLTU and Talang Duku PLTU power plant units, the increase in load will encourage the increase of fuel per unit time and will ultimately increase the cost of time unity, which is commonly called the power plant output output. The input of the Bukit Asam PLTU plant and Talang Duku PLTG are heat energy requirements in the form of kcal/h and mmbtu/h while the output is the output power which has operating power limits, namely minimum and maximum power. PLTU Bukit Asam unit 3 with total energy generated 819,300 Kw (819.3 MW) uses coal fuel of 609,630 tons while PLTG Talang Duku units 1 and 2 (LM2500 + and TM2500) with total energy generated 817,240 Kw (817.24 MW ) using gas fuel of 95,910.9 m<sup>3</sup> (3,401 mmbtu) The operational cost per day of coal consumption in PLTU Bukit Asam unit 3 is Rp 665,474,637.96 more expensive compared to the operational costs per day of gas fuel consumption in the 1 and 2 Talang Duku PLTG (LM2500 + and TM2500) Rp 448,769,420.91.

**Keywords:** generator fuel costs, cost analysis, coal, natural gas, energy

---

<sup>5</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu daerah penghasil tambang batu bara terbesar di dunia. Dan salah satu daerah penghasil tambang terbesar di Indonesia adalah sumatera selatan. Selain batubara, sumatera selatan juga di kenal sebagai daerah penghasil gas alam terbesar di Indonesia. Dari fakta itulah sumatera selatan di kenal sebagai lumbung energi nasional. Dengan sumber daya alam (SDA) melimpah, sumatera selatan menjadi salah satu daerah penyuplai energi listrik terbesar di Indonesia.

Di sumatera selatan batubara dan gas alam masih menjadi pilihan utama untuk bahan bakar pembangkit energi listrik. Mengingat semakin meningkatnya kebutuhan listrik maka

semakin meningkat pula kebutuhan bahan bakar untuk mengoperasikan pusat tenaga listrik tersebut.

Dalam pembangkit listrik, biaya operasi terbesar adalah biaya konsumsi bahan bakar. Harga bahan bakar yang mahal mengakibatkan biaya produksi energi listrik juga mahal. Dari fakta tersebut, penulis mencoba menganalisa perbandingan biaya konsumsi penggunaan energi bahan bakar batubara dan gas pada pembangkit listrik.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### **Bahan Bakar Batubara**

Batubara adalah fosil dari tumbuh-tumbuhan yang mengalami perubahan kimia

akibat tekanan dan suhu yang tinggi dalam kurun waktu lama. Batubara adalah sumber energi terpenting untuk pembangkitan listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar pokok untuk produksi, listrik, baja dan semen. Namun demikian, batubara juga memiliki karakter negatif yaitu disebut sebagai sumber energi yang paling banyak menimbulkan Polusi akibat tingginya kandungan karbon. Sumber energi penting lain, seperti gas alam, memiliki tingkat polusi yang lebih sedikit namun lebih rentan terhadap fluktuasi harga di pasar dunia. Dengan demikian, semakin banyak industri di dunia yang mulai mengalihkan fokus energi mereka ke batubara.

Batubara adalah kekuatan dominan di dalam pembangkitan listrik. Paling sedikit 27 persen dari total output energi dunia dan lebih dari 39 persen dari seluruh listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik bertenaga batubara karena kelimpahan jumlah batubara, proses ekstraksinya yang relatif mudah dan murah, dan persyaratan – persyaratan infrastruktur yang lebih murah dibandingkan dengan sumberdaya energi lainnya. Indonesia saat ini menempati peringkat ke-9 dengan sekitar 2.2 persen dari total cadangan batubara global terbukti berdasarkan BP *Statistical Review Of World Energy*.<sup>[1]</sup>

Batubara diklasifikasikan menjadi beberapa macam berdasarkan pada sifat – sifat dan umur terbentuknya antara lain *lignit*, *bituminous*, *anthracite*, dan lain-lain. Beberapa sifat yang membedakan antara beberapa jenis batubara tersebut.

**Tabel 1** Jenis Batubara

Parameter	Kandungan Kalori (Kkal/Kg)	Kandungan Karbon
Antrasit	> 7777	86% - 98%
Bituminus	5833 - 7777	68% - 86%
Sub-Bituminus	4611 - 5833	60% - 68%
Lignit	3500 - 4611	25% - 60%
Gambut	< 3500	< 25%

Sumber : BP *Statistical Review Of World Energy* 2017

Sekitar 60 persen dari cadangan batubara total Indonesia terdiri dari batubara kualitas rendah yang lebih murah (*sub-bituminous*) yang memiliki kandungan kurang dari 5.833 kal/gram.<sup>[1]</sup>

**Tabel 2** Produsen batubara terbesar pada tahun 2016

Negara	Volume Produksi (Setara Juta Ton Minyak)
China	1685.7
Amerika Serikat	364.8
Australia	299.3
India	288.5
Indonesia	255.7
Russia	192.8
Afrika Selatan	142.4

Sumber : BP *Statistical Review Of World Energy* 2017

Porsi signifikan dari batubara thermal yang diekspor terdiri dari jenis kualitas menengah (antara 5100 dan 6100 kal/gram) dan jenis kualitas rendah (di bawah 5100 kal/gram) yang sebagian besar permintaannya berasal dari Cina dan India. Berdasarkan informasi yang disampaikan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia, cadangan batubara Indonesia diperkirakan habis kira-kira dalam 83 tahun mendatang apabila tingkat produksi saat ini diteruskan.

**Tabel 3** Harga Batubara Acuan (HBA) Indonesia Dalam USD/ton

Bulan	Tahun					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	109.29	87.55	81.90	63.84	53.20	86.23
Februari	111.58	88.35	80.14	62.92	50.92	83.32
Maret	112.87	90.09	77.01	67.76	51.62	81.90
April	105.61	88.56	71.81	64.48	52.32	82.51
Mei	102.12	85.33	73.60	61.08	51.20	83.81
Juni	96.65	84.87	73.64	59.59	51.87	75.46
Juli	87.56	81.69	72.45	59.16	53.00	78.95
Agustus	84.65	76.70	70.29	59.14	58.37	83.97
September	86.21	76.89	69.69	58.21	63.93	92.03
Oktober	86.04	76.61	67.26	57.39	69.07	93.99
November	81.44	78.13	65.70	54.43	84.89	94.84
Desember	81.75	80.31	69.23	53.51	101.69	94.04

Sumber : Ministry Of Energi And Mineral Resources

Kenaikan harga komoditas ini sebagian besar dipicu oleh pertumbuhan ekonomi di negara-negara berkembang. Kendati begitu, situasi yang menguntungkan ini berubah pada saat terjadi krisis keuangan global pada tahun 2008 ketika harga-harga komoditas menurun begitu cepat. Indonesia terkena pengaruh faktor-faktor eksternal ini karena ekspor komoditas (terutama untuk batubara dan minyak sawit) berkontribusi untuk sekitar 50% dari total ekspor Indonesia, sehingga membatasi



pertumbuhan PDB tahun 2009 sampai 4,6% (yang boleh dikatakan masih cukup baik, terutama didukung oleh konsumsi domestik). Pada semester 2 tahun 2009 sampai awal tahun 2011, harga batubara global mengalami *rebound* tajam. Penurunan aktivitas ekonomi global telah menurunkan permintaan batubara, sehingga menyebabkan penurunan tajam harga batubara dari awal tahun 2011 sampai tengah 2016.

### Pengertian Gas

Gas alam adalah bahan bakar fosil berbentuk gas. Gas alam merupakan campuran hidrokarbon yang mempunyai daya kembang besar, daya tekan tinggi, berat jenis spesifik yang rendah dan secara alamiah terdapat dalam bentuk gas. Pada umumnya, gas alam terkumpul di bawah tanah dengan berbagai macam komposisi yang terdapat dalam kandungan minyak bumi (*associated gas*). Semua kandungan minyak bumi berkaitan dengan gas alam, dimana gas itu larut dalam minyak mentah dan sering kali membentuk “cungcup gas” (gas cap) di atas kandungan minyak bumi tersebut.

Komposisi utama gas alam adalah metana (80%), sisanya adalah etana (7%), propana (6%), dan butana (4%), isobotana, dan sisanya pentana. Selain komposisi-komposisi tersebut, gas alam dapat juga mengandung helium, nitrogen, karbon dioksida, dan karbon-karbon lainnya. Gas alam tidak berbau, namun untuk mengetahui adanya kebocoran ditambahkan zat yang berbau tidak sedap sehingga kebocoran dalam langsung terdeteksi. Untuk memudahkan pengangkutan, gas alam dicairkan sehingga disebut gas alam cair atau LNG (*Liquified Natural Gas*). Kandungan energi pembakaran satu meter kubik gas alam komersial menghasilkan 38 MJ (10.6 kWh) dan *heatrate* 6006,7 btu/kWh.

**Tabel 4** Kandungan Gas Alam

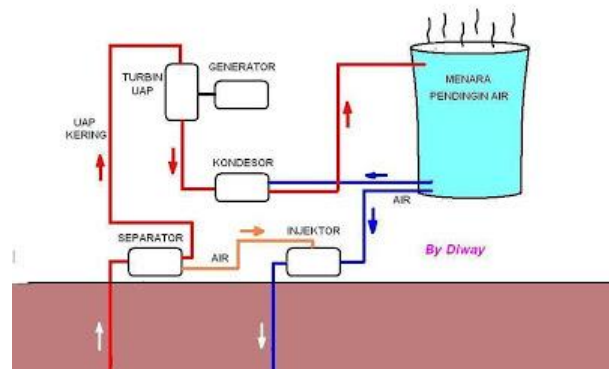
Komponen	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	80 - 95
Etana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	6 - 15
Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) and Butana (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	< 6

### Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Berdasarkan desain boiler bahwa nilai kalor batubara yang dibutuhkan oleh unit

pembangkit adalah 6.718 kkal/kg. Batubara jenis ini, memerlukan mesin penghancur batubara (*mesin pulverized millz*), akan tetapi batubara jenis ini umumnya sulit diperoleh di Indonesia.

Prinsip kerja PLTG adalah sebagai berikut, mula-mula udara dimasukkan ke dalam kompresor dengan melalui air filter / penyaring udara agar partikel debu tidak ikut masuk ke dalam kompresor tersebut. Pada kompresor, tekanan udara dinaikkan lalu dialirkan ke ruang bakar untuk dibakar bersama bahan bakar. Pembakaran bahan bakar dan udara ini akan menghasilkan gas bersuhu dan bertekanan tinggi yang berenergi (*enthalpy*). Gas ini lalu disemprotkan ke turbin, hingga *enthalpy* gas diubah oleh turbin menjadi energi gerak yang memutar generator untuk menghasilkan listrik.



**Gambar 1** Prinsip Kerja PLTG

- Step pertama kompresor menghisap udara kemudian menekannya ke dalam ruang bakar.
- Step kedua combustion chamber, dimana udara bertekanan dalam gas alam dibakar dalam ruang bakar dan menghasilkan gas panas bertekanan tinggi.

Batubara yang digunakan pada PLTU umumnya adalah batubara dengan jenis *Sub-bituminus* atau level di bawahnya. Nilai kalor batubara yang digunakan ada dua macam yaitu batubara dengan nilai kalor sekitar 5100 kkal/kg (*high quality*) dan batubara dengan nilai kalor sekitar 4700 kkal/kg dan 4500 kkal/kg (*low quality*). Dalam pemakaian kedua jenis batubara tersebut dicampur dengan perbandingan 60% untuk batubara high quality dan 40% untuk batubara low quality. Berdasarkan pada pengalaman sejak tahun 2000 membuktikan bahwa pencampuran batubara antara nilai kalor rendah dan nilai kalor baru yang optimum, yang mampu memasok permintaan daya listrik

sampai dengan daya mampu *gross* 400 MW, bila sewaktu-waktu P3B membutuhkan hal tersebut.<sup>[4]</sup>

## METODOLOGI PENELITIAN

### Teknik Pengumpulan Data

Secara garis besar pengambilan dan pengumpulan data penelitian dilakukan sebagai berikut :

#### 1. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui permasalahan dan kondisi di lapangan agar mampu dipelajari dan dianalisis. Biaya bahan bakar pada pembangkit listrik dilakukan pada konsumsi serta biaya bahan bakar batubara dan gas perhari pada pembangkit listrik.

#### 2. Studi Literature

Pengkajian ini meliputi studi pustaka yang berkaitan dengan system PLTG dan PLTU, dengan komponen sistem turbin gas, kompresor boiler serta tentang jenis bahan bakar untuk pembangkit listrik.

Setelah melakukan observasi pada pembangkit listrik PLTU sektor Bukit Asam Tanjung Enim dan pembangkit listrik PLTG Talang Duku Musi Banyuasin, serta melakukan berbagai studi literature, maka selanjutnya adalah merumuskan permasalahan. Seterusnya melakukan pengambilan data, perhitungan, analisa dan kesimpulan.

### PLTU Bukit Asam

Sektor Pembangkitan Bukit Asam termasuk PT. PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan (KIT Sumbangsel). Kompleks PLTU Bukit Asam dengan luas area 8 hektar berlokasi di Desa Lingga, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. PLTU Bukit Asam existing terdiri dari 4 unit @ 65 MW, PLTU unit 1 & 2 beroperasi tahun 1987, unit 3 tahun 1994 dan unit 4 tahun 1995.

Bahan bakar utama adalah batubara dan untuk *start-up* menggunakan bahan bakar minyak HSD. Kebutuhan bahan bakar batubara sekitar 90.000 ton dan HSD sekitar 300 kl per bulan. Batubara sebelum dipergunakan disimpan di “*Coal Storage*” berkapasitas 34.000 ton, dan HSD disimpan di tangki HSD.

Energi listrik yang dihasilkan PLTU sektor Bukit Asam selama periode 10 tahun

terakhir berkisar antara 1.754 – 1.967 GWh atau rata-rata sekitar 1.860 GWh.

**Tabel 5** Data Teknis PLTU Bukit Asam

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	Kapasitas Produksi Uap PLTU	10	ton/jam
2	Batubara Memiliki Nilai Kalor Tinggi (HHV)	21798.57	kJ/kg
3	Dan Nilai Kalor Rendah (LHV)	19012.36	kJ/kg
4	Spesifikasi Mesin, Terkait Dengan Batubara Berkisar	4.590 - 7.060	kKal/kg
5	Konsumsi Bahan Bakar Batubara Rata - Rata Pada Boiler	125.57	ton/jam
6	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Rata - Rata Batubara	0.33	/kg uap
7	Efisiensi Rata - Rata Boiler	92.06	%

Sumber : PT. PLN Sektor Bukit Asam, 2017

#### a. Data beban harian pembangkit PLTU Bukit Asam Unit 3

Data diambil pada tanggal 3 Maret 2017, data beban harian PLTU Bukit Asam unit 3 dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 6** Data beban harian untuk Pembangkit Unit 3

Hari Pertama Tanggal : 3-3-2017				
No.	Unit 3			
	Jam	Bruto (MW)	Netto (MW)	Mvar
1	01 : 00	41.5	33.3	6.3
2	02 : 00	44.5	39.9	4.8
3	03 : 00	43.7	38.7	4.3
4	04 : 00	42.2	34.1	4.1
5	05 : 00	41.1	36.8	1.4
6	06 : 00	43.5	33.4	8,1
7	07 : 00	42.2	36.9	3,1
8	08 : 00	42.5	34.6	5,7
9	09 : 00	41.7	35.7	7,8
10	10 : 00	39.5	37	7,4
11	11 : 00	33.1	29.1	12,4
12	12 : 00	36.4	29.5	8,1
13	13 : 00	32	23	5,4
14	14 : 00	33.4	22.8	15,8
15	15 : 00	32.4	22.2	12,7
16	16 : 00	33.7	22.1	11,8
17	17 : 00	27.1	23.1	12,3
18	18 : 00	37.5	22.6	15,6
19	19 : 00	26.3	22.3	13,6
20	20 : 00	26.3	22.3	15,7
21	21 : 00	25.8	21.8	9,6
22	22 : 00	25.9	21.9	9,0
23	23 : 00	26.5	22.5	8,8
24	24 : 00	26.8	23.4	9,3
Jumlah		819,3	689	

Catatan ■ Beban maksimum untuk pagi dan sore.  
■ Beban Minimum untuk pagi dan sore.

b. Data Operasional PLTU Bukit Asam Unit 3  
 Data di ambil pada tanggal 3 Maret 2017, data operasi perhari PLTU Bukit Asam unit 3 dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 7** Data Operasi PLTU Bukit Asam

Unit 3				
Laporan Operasi 24 Jam PLTU Bukit Asam pkl 10.00 WIB.				
Tanggal 3 Maret 201				
1	Produksi Bruto 819,300 kWh			
2	Produksi Netto 689,000 kWh			
3	Pemakaian BB 603,5 Ton			
4	Pemakaian HSD - Liter			
5	Beban Bruto Rata2 34.1 MW			
6	Beban Netto Rata2 28.7 MW			
7	Steam Flow Rata2 232 T/j			
8	Feedwater Flow Rata2 149 T/j			
9	Temp. In Turbin Rata2 510 °C			
10	Press In Turbin Rata2 64.0 Bar			
11	Vaccum Rata2 0.098 Bar			
12	Temp. Out Stack Rata2 197 °C			
13	Temp. In Economizer Rata2 137 °C			
14	Press In Economizer Rata2 78 Bar			
15	Nilai Kalor BB 5,003 kcal/kg			
16	Nilai Kalor HSD 9,000 kcal/Ltr			
17	NPHR 4,212 kcal/kWh			
18	Efisiensi 23 %			
18	Fuelcost 780.10 Rp/kWh			
NK BB	HRG HSD	HRG P. Bara	HRG PT BA	BB yang dipakai
5003	6429	376	494	PT BA

**Konsumsi Batubara Untuk PLTU Bukit Asam**

- Konsumsi batubara untuk pembangkit listrik pada PLTU dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_{bb} = \frac{W \times 1000}{Boiler} \times Q \times E \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$V_{bb}$  = Konsumsi Batubara(ton)  
 $W$  = Energi yang dihasilkan(MWh)  
 boiler = Efisiensi Boiler

$Q$  = Nilai Kalor 1 kWh(1 kWh = 860 kKal)

$E$  = Nilai kalori batubara (  $\frac{LHV}{HHV}$  )

Untuk konsumsi batubara nilai E bisa berubah, tergantung fungsi dan jenis batubara yang digunakan. Di PLTU Bukit Asam jenis batubara yang digunakan adalah jenis *sub-bituminous* dengan nilai kalor yang dipakai oleh PLTU Bukit Asam pada tanggal 3 Maret 2017 adalah 5.003 kkal/kg, nilai kalor 1 kwh = 860 kkal.

- Untuk biaya konsumsi batubara dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$H = V_{bb} \times HB \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$H$  = Biaya konsumsi batubara (Rp)

$V_{bb}$  = Konsumsi batubara (ton)



HB = Harga batubara (Rp/ton)

Harga bahan bakar batubara per ton bulan Maret 2017 adalah 81,90 Rp/ton (1 USD = Rp 13.328,50), jadi  $81,90 \times 13.328,50 = 1.091.604.15$  Rp/ton

- Untuk konversi bahan bakar batubara dari masa ke panas (kalor) dan ke energi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 1 \text{ ton} &= 1000 \text{ kg} \times 5245,5 \text{ kKal/kg} \\ &= 5.245.500 \text{ kKal/ton} \\ &= 5.245.500 \text{ kKal} \times 0,001163 \text{ kWh} \\ &= 6.100.5 \text{ kKal} / \text{kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } 1 \text{ ton} &= 5.245.500 \text{ kKal} \\ &= 6.100.5 \text{ kwh} \end{aligned}$$

### PLTG Talang Duku

Lokasi PLTG Talang Duku terletak di Kabupaten Musi Banyu Asin, Palembang, Sumatera Selatan. PLTG Talang Duku berkapasitas total 77 MW terdiri dari 3 unit mesin pembangkit. Spesifikasi mesin pembangkit PLTG Talang Duku adalah sebagai berikut :

1. Unit 1 LM 2500 + berkapasitas 28 mw dengan efisiensi boiler sebesar 38%
2. Unit 2 TM 2500 berkapasitas 37mw dengan efisiensi boiler sebesar 37%
3. Unit 3 FRAME 5 berkapasitas 12 mw dengan efisiensi boiler sebesar 40%

Kandungan kalori gas alam dengan nilai kalor tertinggi (HHV) adalah 54.000 Kj/I. Untuk PLTG nilai kalor yang dipakai adalah 54.000 Kj/I atau 1.449,3 (btu/scf) dan nilai heatratanya adalah 6006,7 (btu/kWh).

**Tabel 8** Data Teknis PLTG Talang Duku

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	Gas alam memiliki nilai kalor tinggi (HHV)	54.000	kJ/I
2	Dan nilai kalor rendah (LHV)	38.000	kJ/I
3	Massa jenis (CNG)	0,7	kg/m <sup>3</sup>
4	Heatrate	6006,7	btu/kWh
5	Efisiensi boiler :		
	- LM 2500+	38	%
	- TM 2500	37	%
	- Frame 5	40	%

Sumber : PT. PLN site Talang Duku, 2017

- a. Data beban harian PLTG Talang Duku

Data diambil pada tanggal 7 Maret 2017, data beban harian PLTG Talang Duku dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 9** Data Harian Beban PLTG Talang Duku

Tanggal : 7/3/2017				
No.	Pembebanan			
	Jam	Frame 5 (MW)	TM 2500 (MW)	LM 2500+ (MW)
1	01.00	STOP	20.00	12.21
2	02.00	STOP	20.00	12.21
3	03.00	STOP	20.80	12.18
4	04.00	STOP	20.80	12.18
5	05.00	STOP	20.10	12.21
6	06.00	STOP	20.10	12.21
7	07.00	STOP	20.70	12.23
8	08.00	STOP	20.70	12.23
9	09.00	STOP	20.70	12.10
10	10.00	STOP	20.60	12.10
11	11.00	STOP	20.60	12.10
12	12.00	STOP	20.70	12.10
13	13.00	STOP	20.80	12.20
14	14.00	STOP	20.80	12.20
15	15.00	STOP	20.80	12.20
16	16.00	STOP	20.80	12.20
17	17.00	8.8	24.70	15.30
18	18.00	8.8	30.00	21.70
19	19.00	8.8	30.20	22.60
20	20.00	8.8	30.20	22.30
21	21.00	8.8	25.30	12.32
22	22.00	STOP	20.80	12.32
23	23.00	STOP	20.80	12.02
24	24.00	STOP	20.80	12.02
Jumlah		42,4	491.80	325.44
		817.24		

Catatan ■ Beban Maksimum untuk Pagi dan Sore  
■ Beban Minimum untuk Pagi dan Sore

b. Data Pemakaian Gas PLTG Talang Duku

Data diambil tanggal 7 Maret 2017, data pemakaian gas perhari PLTG Talang Duku dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 10** Data Pemakaian Gas PLTG Talang Duku

Day Start Time : 00.00 Date : 7/03/2017				
Day END Time : 00.00 Date : 7/03/2017				
Daily	Total	Net Vol	m <sup>3</sup>	98,971.4
Daily	Total	Net Vol	scmscf	3,397.281
Daily	Total	Energi	MMBtu	3,509,525,844
Hourly Data Records				
Hour	GHV (btu/scf)	4,028.61	0.15463	1,207.563
00.00	1016,3591	3,966.73	0.15253	121.6093
01.00	1016,3307	3,967.50	0.15253	122.5265
02.00	1016,0373	3,984.19	0.15255	124.0930
03.00	1016,0112	4,028.61	0.15312	122.5966
04.00	1016,2488	4,066.73	0.15256	126.0930
05.00	1016,3226	3,967.50	0.15252	130.5966
06.00	1017,1674	3,984.19	0.15628	128.7417
07.00	1017,0330	4,034.89	0.17002	129.4930
08.00	1017,1484	4,034.89	0.15994	126.4596
09.00	1018,2607	4,036.45	0.15887	135.7893
10.00	1027,6052	4,035.25	0.15567	128.0430
11.00	1016,2535	4,034.89	0.15878	134.7201
12.00	1023,8156	4,036.45	0.15819	132.1935
13.00	1023,7820	4,035.25	0.15873	133.7373
14.00	1023,9221	4,034.89	0.15823	133.2825
15.00	1023,6537	4,034.89	0.15875	133.7073
16.00	1023,9825	4,385.49	0.15766	135.7127
17.00	1024,4751	4,168.75	0.18468	165.8153
18.00	1025,8338	4,848.05	0.15715	173.1312
19.00	1026,2457	4,840.66	0.17215	181.6245
20.00	1028,0055	4,036.45	0.17206	155.0737
21.00	1028,3883	4,035.25	0.16307	135.3247
22.00	1029,9784	4,034.88	0.15489	134.0024
23.00	1029,6937	4,028.61	0.15463	120.7563

**Konsumsi Gas Untuk PLTG Talang Duku**

Konsumsi gas untuk pembangkit listrik pada PLTG dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_G(\text{SCFD}) = \frac{W}{\text{HHV} \left( \frac{\text{btu}}{\text{scf}} \right)} \times \text{HR} \times t$$

Dimana :

- $V_G(\text{SCFD})$  = konsumsi gas (scfd)
- $W$  = energi yang dihasilkan (MWh)
- $\text{HHV}$  = high heating value (btu/scf)
- $\text{HARI}$  = heatrate (btu/kwh)
- $t$  = waktu (hour)

Karena konsumsi masih dalam bentuk kaki kubik (scf), maka harus di konversi ke dalam bentuk meter kubik (m<sup>3</sup>). Nilai 1 scf = 1/35,315 m<sup>3</sup>. Kemudian jika ingin mengetahui nilai energi atau panasnya maka dikonversi lagi ke mmbtu (*million british thermal unit*). Nilai 1 m<sup>3</sup> = 0,03546 mmbtu. (1 mmbtu = 28,2 m<sup>3</sup>).

Untuk biaya konsumsi bahan bakar gas satuan yang digunakan adalah mmbtu. Harga gas 1 Maret 2017 adalah 9,9 USD/mmbtu

(putusan menteri ESDM) atau Rp.131.952,15 (1 usd = Rp. 13.328,50), jadi 9,9 x 13.328,50 = 131.952,15 Rp/mmbtu. Nilai untuk menghitung biaya konsumsi bahan bakar gas, persamaan yang digunakan sama dengan perhitungan biaya bahan bakar batubara. Sedikit perbedaannya hanya pada satuan harga (HB) gas menggunakan Rp/mmbtu.

- Untuk konversi bahan bakar gas dari Volume (m<sup>3</sup>) ke panas atau kalor (kcal/m<sup>3</sup>) dan ke energi (kWh) adalah sebagai berikut :  
 $1 \text{ m}^3 = 1 \times 9.424 \text{ kkal/m}^3$  (Nilai kalor batubara)  
 $= 9.424 \text{ kkal} \times 0,001163 \text{ kWh} = 10,9 \text{ kWh}$   
 Jadi,  $1 \text{ m}^3 = 90424 \text{ kkal} = 10,9 \text{ kWh}$

**Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)**

Berdasarkan SPLN No. 80 tahun 1989, persamaan yang digunakan untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik adalah sebagai berikut :

1. Persamaan pemakaian bahan bakar spesifik brutto (SFC<sub>b</sub>)

$$\text{SFC}_b = \frac{V}{\text{kWh}_b}$$

Dimana :

- $\text{SFC}_b$  = Pemakaian bahan bakar spesifik brutto (kg/kWh)
- $V$  = Jumlah bahan bakar yang di pakai

(kg) atau (m<sup>3</sup>)

$\text{kWh}_b$  = Jumlah kWh bruto yang dibangkitkan generator

2. Pemakaian bahan bakar spesifik netto (SFC<sub>n</sub>)

$$\text{SFC}_n = \frac{V}{\text{kWh}_n}$$

Dimana :

- $\text{SFC}_n$  = Pemakaian bahan bakar spesifik netto

(kg/kWh)

$V$  = Jumlah bahan bakar yang di pakai

(kg) atau (m<sup>3</sup>)

$\text{kWh}_n$  = Jumlah kWh bruto yang dibangkitkan generator

- Untuk menghitung produksi kwh dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\text{kWh} = W \times 1000$$

Dimana :

$\text{kWh}$  = Jumlah produksi beban

$$W = \frac{H}{kWh} \quad (\text{kWh})$$

= Total energi yang dibangkitkan (MWh)

- Sedangkan untuk menghitung biaya bahan bakar rata-rata per kWh menggunakan persamaan berikut :

$$H_{sfc} = \frac{H}{kWh}$$

Dimana :

$H_{sfc}$  = harga bahan bakar rata-rata per kWh (Rp/kWh)

H = biaya konsumsi bahan bakar (Rp)

kWh = produksi kWh/beban (kWh/hari)

**Tabel 11** Data PLTU Bukit Asam dan PLTG Talang Duku

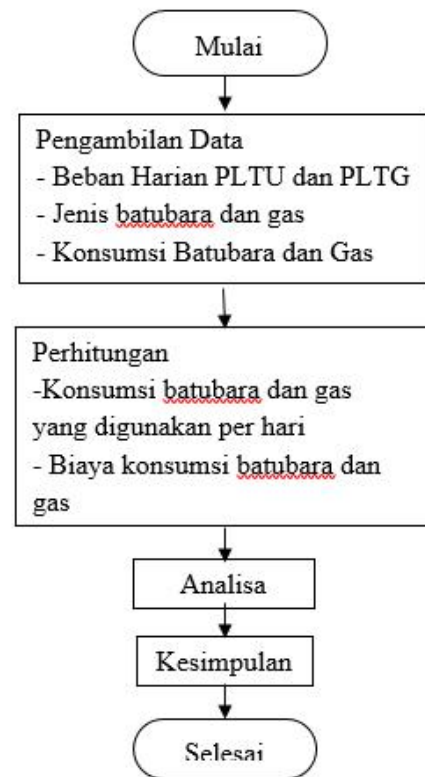
Parameter	Satuan	PLTU Bukit Asam				PLTG Talang Duku		
		Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	LM 2500 +	TM 2500	frame 5
Kapasitas	MW	65	65	65	65	28	37	12
Total energi	MWh	STOP	STOP	819,3	1052	325,4	491,8	42,4
$\eta$ boiler	%	-	-	23	28	38	37	40
SPLN	%	25-50				20-30		

Disini penulis mengambil unit 3 PLTU Bukit Asam dengan kapasitas 65 MW dengan total energi yang dibangkitkan sebesar 819,3 MWh pada tanggal 3 Maret 2017, untuk PLTG penulis mengambil unit 1 dan 2 (LM 2500 + dan TM 2500) dengan total kapasitas 65 MW dengan total energi yang dibangkitkan sebesar 817,24 MWh pada tanggal 7 Maret 2017.

### Diagram Proses Penelitian

Secara diagram proses dapat dilihat pada diagram dibawah ini :

Diagram Proses Penelitian



### HASIL DAN ANALISA

#### Perhitungan Menggunakan Batubara jenis Sub-Bituminus ddi PLTU Bukit Asam<sup>[1]</sup>

Perhitungan konsumsi bahan bakat batubara dan energy spesifik berdasarkan data yang diperoleh dari PLTU sektor Bukit Asam Tanjung Enim unit 3 dengan kapsitas pembangkit 1 x 65 MW dengan nilai kalori 5003 kkal/kg dan energi yang dihasilkan 819,3 MWh dengan efisiensi 23% selama 24 jam pada bulan Maret 2017 adalah sebagai berikut :

1. 1 kWh = 860 kilogram kalori, PLTU unit 3 memiliki energi yang dibangkitkan sebesar 819,3 MWh, konsumsi batubaranya dapat dihitung dengan persamaan (3.1) :

$$\begin{aligned}
 V_{bb} &= \frac{W \times 1000}{\eta \text{ Boiler}} \times Q \times E \\
 &= \left( \frac{819.300}{0,23} \right) \times 860 \times \frac{1}{5003} \\
 &= 356.2174 \times 60 \times 0,00019 \\
 &= 609,630 \text{ kg} \\
 &= 609,630 \text{ ton}
 \end{aligned}$$



Untuk mencari konsumsi per jam, maka :

$$V_{bb} = \frac{609.630}{24} = 265,401 \text{ ton/jam}$$

2. Untuk biaya bahan bakar unit 3 adalah

$$\begin{aligned} H &= V_{bb} \times HB \\ &= 609,630 \times \text{Rp } 1.091.604,15 \\ &= \text{Rp } 665.474.637,96 \end{aligned}$$

3. Perhitungan produksi kWh perhari

$$\begin{aligned} \text{kWh} &= W \times 1000 \\ &= 819,3 \times 1000 \\ &= 819.300 \text{ kWh} \end{aligned}$$

4. Perhitungan biaya bahan bakar batubara rata-rata per kWh

$$H_{\text{sfc}} = \frac{H}{\text{kWh}} = \frac{665.474.637,96}{819.300}$$

$$= 812,247 \text{ Rp/kWh}$$

5. Perhitungan konsumsi rata-rata bahan bakar batubara per kWh

$$\begin{aligned} \text{SFC} &= \frac{V}{\text{kWh}} \\ &= \frac{609.630}{819.300} \\ &= 0,744 \text{ kg/kWh} \end{aligned}$$

**Tabel 12** Konsumsi dan biaya bahan bakar per hari

No.	Parameter	Data Lapangan Batubara		Hasil Hitungan Batubara		Selisih %
		Nilai	Satuan	Nilai	Satuan	
1.	Konsumsi	603,5	Ton	609,63	Ton	1,01%
2.	Produksi	819	kWh	819,00	kWh	0%
3.	SFC	0,736	Kg/kWh	0,744	Kg/kWh	1,08%
4.	Biaya Per kWh	780,097	Rp/kWh	812,247	Rp/kWh	4,12%
5.	Biaya per hari	639.474.637,96	Rp	665.474.637,96	Rp	4,12%

- Untuk Konversi bahan bakar batubara dari masa ke panas (kalor) dan ke energi adalah sebagai berikut :

Jadi, 1 ton = 5.245.500 kkal = 6.100.5 kWh

$$606,630 = 609.630 \times 5003 \text{ kkal/Kg}$$

$$= 3.049.978.890 \text{ kkal/Kg} \times$$

$$0,001163 \text{ kWh}$$

$$= 3.547.127,45 \text{ kWh}$$

1. Perhitungan Bahan Bakar Gas di PLTG Talang Duku

1. Perhitungan konsumsi bahan bakar gas yang digunakan perhari

Konsumsi gas untuk PLTG dihitung dengan persamaan (3.3) :

$$\begin{aligned} V(\text{SCFD}) &= \frac{P \times 1000}{HHV_{\text{scf}}^{\text{btu}}} \times \text{HARI} \\ &= \frac{817.240 \times 1000}{1449,3^{\text{btu}}_{\text{scf}}} \times 6006,7 \end{aligned}$$

(btu/kWh)

$$= 3.387.091,1 \text{ scfd}$$

$$= \frac{3.387.094,1}{35,315} \text{ m}^3 = 95.910,9 \text{ m}^3$$

2. Biaya bahan bakar gas yang digunakan perhari

Untuk biaya satuan yang digunakan adalah MMBtu, maka konversi meter kubik (m<sup>3</sup>) ke MMBtu dikalikan dengan 0,03546

$$V = 95.910,9 \times 0,03546 = 3.401 \text{ mmbtu}$$

$$H = V \times \text{Rp } 131.952,15/\text{mmbtu}$$

$$= 3.401 \times \text{Rp } 131.952,15$$

$$= \text{Rp. } 448.769.420,91$$

3. Produksi kWh perhari

$$\text{kWh} = W \times 1000$$

$$= 817,24 \times 1000$$

$$= 817.240 \text{ kWh}$$

4. Biaya bahan bakar gas rata-rata per kWh

$$H_{\text{sfc}} = \frac{H}{\text{kWh}} = \frac{448.769.420,91}{817.240}$$

$$= 549,13 \text{ Rp/kWh}$$

5. Konsumsi rata-rata bahan bakar gas per kWh

$$\text{SFC} = \frac{V}{\text{kWh}} = \frac{95.910,9}{817.240} = 0.117 \text{ m}^3/\text{kWh}$$

**Tabel 13** Konsumsi dan biaya bahan bakar gas per hari

No.	Parameter	Data Lapangan Batubara		Hasil Hitungan Batubara		Selisih %
		Nilai	Satuan	Nilai	Satuan	
1.	Konsumsi	98.971,40	M <sup>3</sup>	95.910,9	M <sup>3</sup>	3,19%
2.	Produksi	817,24	kWh	817,24	kWh	0%
3.	SFC	0,121	kWh	0,117	M <sup>3</sup> /kWh	3,41%
4.	Biaya Per kWh	556,65	Rp/kWh	549,13	Rp/kWh	3,19%
5.	Biaya per hari	463.089.480,54	Rp	448.769.420,91	Rp	3,19%

- Untuk konversi bahan bakar gas dari volume (m<sup>3</sup>) ke panas atau kalor (kkal/m<sup>3</sup>) dan ke energi (kWh) adalah sebagai berikut :

$$95.910,9 \text{ m}^3 = 95.910,9 \times 9.424 \text{ kkal/m}^3$$

$$= 903.864.321,6 \text{ kkal/m}^3$$

$$\times 0,001163 \text{ kWh}$$

$$= 1.051.194,2 \text{ kWh}$$



**Tabel 14** Data perbandingan konsumsi dan biaya batubara dan gas pada pembangkit

No	Parameter	Hasil Hitung		Hasil Hitungan	
		Batubara		Batubara	
		Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
1.	Konsumsi	609,63	Ton	95.910,9	Ton
2.	Produksi	819	kWh	817,24	kWh
3.	SFC	0,744	Kg/kWh	0,117	Kg/kWh
4.	Biaya Per kWh	812,247	Rp/kWh	549,13	Rp/kWh
5.	Biaya per hari	665.474.637,96	Rp	448.769.420,91	Rp

## SIMPULAN

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa perbandingan biaya bahan bakar batubara gas pada pembangkit energi listrik dengan menggunakan bahan bakar batubara lebih murah dari pada pembangkit energi listrik dengan menggunakan bahan bakar gas. Jika PLTU Bukit Asam unit 3 dengan total energi yang dibangkitkan 819.300 kW (819,3 MW) menggunakan bahan bakar batubara sebesar 609,630 ton dengan biaya Rp 665.474.637,97 dibandingkan dengan PLTG Talang Duku (unit 1 dan 2) dengan energi total yang dibangkitkan 817.240 Kw (817,24 MW) menggunakan bahan bakar gas sebesar 95.910,9 m<sup>3</sup> (3.401 mmbtu) dengan biaya Rp 448.769.420,91. Dari hasil perhitungan di atas, biaya operasional pembangkitan dengan menggunakan bahan bakar batubara lebih mahal di bandingkan dengan bahan bakar gas.

Jadi biaya oprasional perhari bahan bakar gas pembangkit PLTG Talang Duku unit 1 dan 2 lebih murah dibandingkan dengan biaya oprasional perhari bahan bakar batubara pembangkit PLTU Bukit Asam Unit 3.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2001, *SNI 03-6575-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan gedung*. Standar Nasional Indonesia: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011, *SNI 6196:2011 Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung*. Standar Nasional Indonesia: Jakarta.
- Basir, Yuslan. 2015, *Materi Kuliah Dasar Teknik Elektro*. Palembang.

Daryanto. 2013. *Teknik Listrik Lanjutan*. Bandung. PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera.

Devi. 2015. *Audit Energi Listrik Di Gedung DPRD Propinsi Sumatera Selatan*. Skripsi. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Tridnanti : Palembang.

Pemerintah Indonesia. 2016. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 28 Tahun 2016 Tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan Oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2016 : Jakarta

Samhuddin, Kadir, Muhammad Syahrudin. 2017. *Analisis Konsumsi Energi Pada Kantor Pelayanan Kekayaan Negara dan lelang (KPKNL) Kendari*. Jurnal. Fakultas Teknik Mesin. Universitas Halu Oleo : Kendari.

Saraswati, Shrie Laksmi, 2017, *Listrik dan Magnet : Daya Listrik*, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan PPPPTK : Bandung.

Setiawan, E., 1983, *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*, Jakarta.