

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 JUDUL PENELITIAN

PENGEMBANGAN DAN STUDI KARAKTERISTIK GASIFIKASI BATU BARA SUB - BITUMINUS MENGGUNAKAN REAKTOR JENIS *FIX BED DOWNDRAFT GASIFIER*

I.2 LATAR BELAKANG MASALAH

Penggunaan energi fosil berupa minyak bumi dan gas secara terus menerus mengakibatkan cadangan sumber energi tersebut lambat laun akan habis. Untuk mengatasi kebutuhan energi yang meningkat dan sumber energi fosil yang terbatas maka penting untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat menyediakan sumber energi. Sumber energi tersebut dapat diperbaharui, antara lain angin, air, sinar matahari dan biomassa.

Selain biomassa, terdapat pula batubara yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang berasal dari pertambangan. Perlu diketahui bahwa jumlah sumber batubara yang ada saat ini sekitar 50 miliar ton dengan cadangan terbukti siap dimanfaatkan untuk waktu 50 tahun. Bandingkan dengan minyak bumi (10 tahun) dan gas bumi (30 tahun), maka batu bara menjadi sangat penting sebagai salah satu pengganti minyak (BBM). Terlebih lagi dilatarbelakangi lonjakan kenaikan harga minyak dunia, untuk menghasilkan 1Kwh membutuhkan satu liter minyak solar seharga Rp6000,- dan pengadaan bahan baku Rp2000,-. Sedangkan harga per Kwh untuk masyarakat seharga Rp645,-. Hal ini akan mengancam keamanan pengadaan listrik nasional. Bila dikonversikan, pengadaan energi per Kwh dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) hanya menghabiskan biaya produksi Rp140,-. Sedangkan dengan gas bumi Rp300,-.

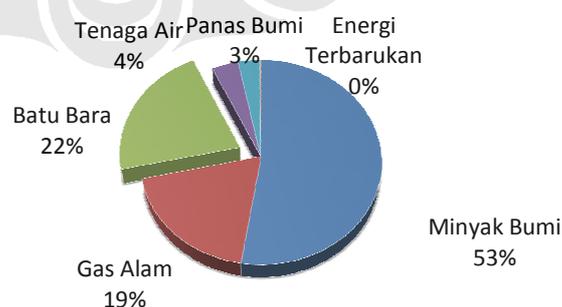
Namun untuk gas bumi, pengadaannya cukup rumit mengingat kontrak yang harus mengikat antara pemerintah dan penyedia bahan baku. Untuk penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan bahan baku batubara, pemerintah hanya membutuhkan biaya produksi Rp200,- per Kwh. Produksi per tahun batubara nasional diperkirakan 215 juta ton sedangkan penggunaan energi batu bara nasional berkisar 49 juta ton setahun, sehingga tidak lebih dari seperlima dari produksi batu bara per tahun [1, 2].

Tabel 1.1 Perbandingan Pemakaian Minyak Bakar dan Gas Produser [3]
(Dalam satuan per jam)

	Minyak Bakar Industri	Gas Produser
Energi	40 MJ/Liter	5 MJ/m ³
Efisiensi <i>Boiler</i>	80%	80%
Efisiensi proses Gasifikasi	-	75%
<i>Operating cost</i> Mesin	-	80%
Harga Dasar	Rp 4.600,-/Liter	Rp 500,-/kg batubara
Kebutuhan	68,75 Liter	218,26 kg batubara
Biaya Pengeluaran	Rp 316.250,-	Rp 109.130

Basis perhitungan = 1 ton steam jenuh/jam pada tekanan 5 bar

Energi yang diperlukan= 2700 MJ/jam



Gambar 1.1 Pemanfaatan Sumber Energi Indonesia [4]

Sebagai contoh berikut perbandingan pemakaian minyak bakar dengan gas produser disertai Tabel 1.1 sebagai perbandingan pemakaian minyak bakar

dengan gas produser. Terlihat bahwa penggunaan gas produser akan menghemat pengeluaran kurang lebih Rp 200.000/jam atau dalam setahun dapat dihemat pengeluaran sebesar kurang lebih Rp 1.440.000.000,00 (24 jam perhari 300 hari kerja).

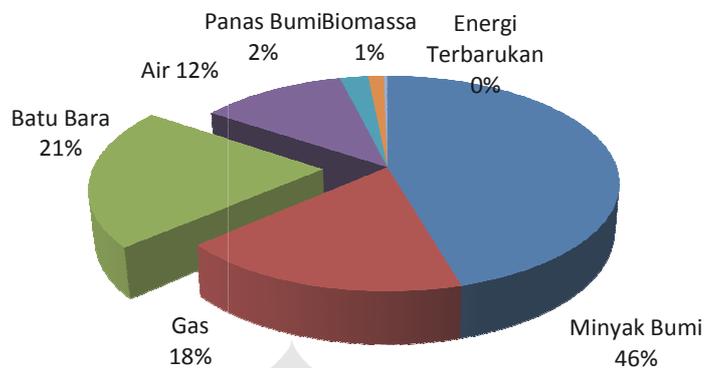
Masyarakat Indonesia patut bersyukur bahwa sumber batu bara yang dimiliki oleh negara kita sangatlah besar, diperkirakan sekitar 39 milyar ton. Menurut studi Markal, bila diasumsikan laju pertumbuhan produksi batu bara mencapai 12,4% per tahun, maka batu bara Indonesia dapat dimanfaatkan hingga 2166 [5].

Mempertimbangkan potensi batu bara ini sekaligus kekurangannya seperti pertimbangan ekonomi, teknologi, dan efek terhadap lingkungan, maka perlu dirancang suatu wahana termal yang praktis dan ekonomis serta dapat digunakan oleh masyarakat, terutama masyarakat usaha kecil dan menengah.

Tabel 1.2 Data cadangan batubara di Indonesia [6]

(Juta Ton)

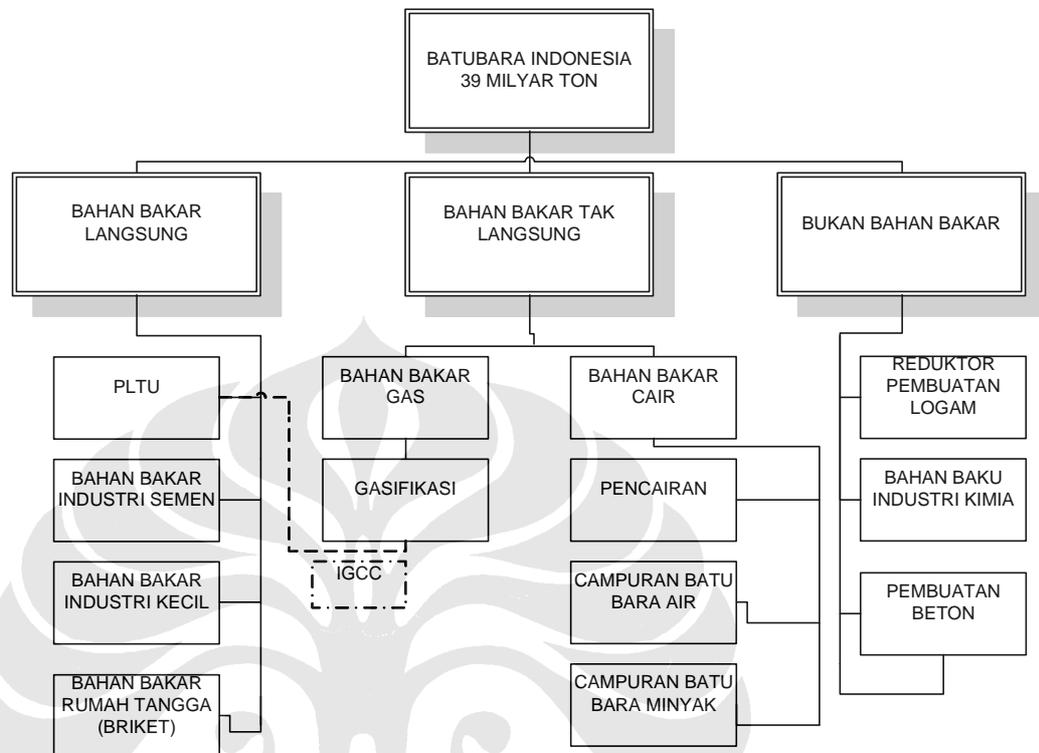
Provinsi	Sumber Daya					Cadangan
	Terukur	Terunjuk	Tereka	Hipotetik	Total	
Banten	0.00	0.00	13.75	0.00	13.75	0.00
Jawa Tengah	0.00	0.00	0.82	0.00	0.82	0.00
Jawa Timur	0.00	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00
Nanggroe Aceh Darussalam	90.40	13.40	346.35	0.00	450.15	0.00
Sumatra Utara	19.97	0.00	7.00	0.00	26.97	0.00
Riau	336.62	0.00	1,720.60	0.00	2,057.22	15.15
Sumatra Barat	181.24	42.72	475.94	19.19	719.09	36.07
Bengkulu	62.18	7.95	113.09	15.15	198.37	21.12
Jambi	94.22	36.32	1,462.03	0.00	1,592.57	9.00
Sumatra Selatan	1,970.75	19,946.48	323.17	0.00	22,240.40	2,653.98
Lampung	0.00	0.00	106.95	0.00	106.95	0.00
Kalimantan Barat	1.48	1.32	482.60	42.12	527.52	0.00
Kalimantan Tengah	194.02	5.08	1,200.11	0.00	1,399.21	48.59
Kalimantan Selatan	3,109.21	155.08	5,410.27	0.00	8,674.56	1,787.32
Kalimantan Timur	6,385.13	325.21	12,401.11	456.34	19,567.79	2,410.33
Sulawesi Selatan	21.20	0.00	110.81	0.00	132.01	0.06
Sulawesi Tengah	0.00	0.00	1.98	0.00	1.98	0.00
Papua	0.00	0.00	138.30	0.00	138.30	0.00
TOTAL	12,466.42	20,533.56	24,314.96	532.80	57,847.74	6,981.62



Gambar 1.2 Kapasitas Instalasi Energi Indonesia [7]

Merujuk pada gambar 1.2 dapat diketahui minyak bumi masih menjadi primadona penggunaan energi di Indonesia, padahal pemerataan ketersediaan batubara tergolong baik, hal ini dapat dilihat pada tabel 1.2. Berbeda dengan negara lain yang memiliki alternatif dalam penggunaan energi selain minyak bumi. Sebagai contoh adalah Negara Cina. Ditengah-tengah meroketnya harga minyak bumi, pemerintah Cina tetap stabil dalam ekonomi dan pengadaan energi bagi industri. Hal ini dapat disadari, karena **Dr Zhang Yuyou** mengatakan 83 % sumber daya energi fosil negara Cina adalah batu bara [8].

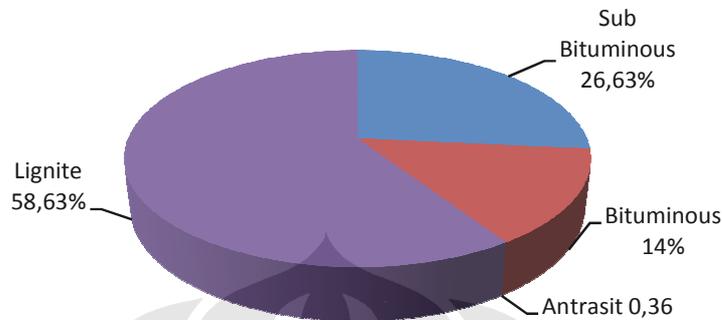
Penggunaan batu bara menjadi bahan bakar dapat menjadi beberapa kategori, yaitu bahan bakar langsung, bahan bakar tak langsung, dan bukan bahan bakar. Kategori tersebut dapat diturunkan kembali seperti pada gambar 1.3. Salah satu teknologi untuk menghasilkan energi dari batu bara adalah proses gasifikasi. Gasifikasi adalah suatu proses termokimia yang mengkonversikan bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar. Gas mampu bakar ini dapat dipergunakan untuk bahan bakar mesin pembakaran dalam dan luar, pemanas, pembangkit energi listrik, dan lainnya. Hasil dari gasifikasi adalah gas produser serta unsur pengotor seperti tar dan *ash*. Hasil dari gasifikasi batu bara tersebut bergantung dari jenis batu bara dan kondisi operasionalnya [9,10].



Gambar 1.3 Skema Pemanfaatan Batu Bara [11]

Pada gambar 1.4 dapat disimpulkan kualitas batubara Indonesia cukup bervariasi, dengan kelas berkisar lignite (*brown coal*) hingga bituminus yang dapat digolongkan batubara muda hingga tua, terdapat kelas antrasit, namun jumlahnya sangat kecil. Nilai kalor batubara Indonesia cukup bervariasi dengan nilai 3081 kcal/kg hingga 7889 kcal/kg. Sebagian besar batubara di Indonesia dikategorikan dalam batubara kelas rendah. Pemanfaatan batubara kelas rendah untuk proses pembakaran tidak ramah lingkungan karena menghasilkan asap hitam. Teknologi pemanfaatan batubara kelas rendah diperlukan untuk meningkatkan kualitas bakar batubara. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah gasifikasi batubara. Teknologi ini menghasilkan gas produser (merupakan campuran gas CO dan H₂). Gas produser adalah campuran antara gas tidak mampu bakar dan gas mampu bakar. Jumlah unsur – unsur dalam gas produser tergantung dari jenis batu bara dan kondisi operasionalnya. Gas produser mengandung gas yang dapat

dipergunakan seperti CO, H₂, CH₄, dan gas tidak mampu bakar seperti N₂, CO₂, serta tar dan ash [12].



Sumber : Direktorat Batubara, 1995

Gambar 1.4 Jenis Batubara Indonesia Berdasarkan Jumlah [13]

Surjosatyo dan Fadji (QIR FTUI 2003) menguraikan tentang konsep pembuatan sistem reaktor ini serta penjelasan keuntungan maupun kerugian metoda gasifikasi sebagai sumber energi.

Peter Luby (2003) mengungkapkan, gasifikasi yang paling sesuai untuk limbah biomassa adalah dengan menggunakan *gasifier* jenis unggun tetap (*fixed bed*).

Robert Manurung (1981) mengatakan, gasifer unggun tetap aliran ke bawah (*downdraft gasifier*) menghasilkan gas produser relatif bersih dengan kandungan tar dan partikel yang kecil sehingga sangat sesuai untuk mesin pembakaran dalam, ketel dan turbin.

I.3 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan literatur serta pengalaman pengujian yang telah dilakukan di laboratorium dan industri keramik, terdapat kesulitan-kesulitan yang telah diidentifikasi atas bagian sebagai berikut:

1. Sistem umpan atau *feeding* bahan bakar yang tidak optimal. Setiap kali penambahan bahan bakar solid (batubara), timbul kebocoran gas melalui *feeding door* reaktor yang keluar cukup banyak.
2. Kualitas *flame* dari *gas burner* kurang memadai dan bersifat diskontinue akibat suplai gas dari reaktor yang sangat berfluktuasi.

I.4 TUJUAN PENELITIAN

Meningkatkan gas *burner* dengan sebelumnya menentukan karakteristik gasifikasi batubara dengan reaktor *Downdraft Throatness Fixed Bed Gasifier*. Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka penulis bermaksud memfokuskan penelitian untuk mendapatkan sebagai berikut :

1. Mendesain dan fabrikasi *feeding door gasifier* khusus bahan bakar yang akan diintegrasikan pada reaktor *gasifier* sesuai karakteristik bahan bakar batubara.
2. Memodifikasi, fabrikasi dan karakterisasi sistem pembersih (*cyclone*) dan *gas holding tank* yang akan diintegrasikan pada reaktor *gasifier* yang bertujuan menstabilkan gas *burner*.
3. Mendapatkan laju alir massa (*mass flowrate*) gas produser yang dihasilkan dari hasil gasifikasi batubara dengan menggunakan prinsip kekekalan massa, dengan asumsi bahwa aliran tidak mengalami perubahan seiring waktu (*steady flow process*) dan tidak mengalami kebocoran.
4. Profil distribusi temperatur pada reaktor *gasifier* serta *burner*.
5. Mendapatkan kandungan gas hasil dari gasifikasi.
6. Mendapatkan laju alir gas, nilai LHV gas, dan *Equivalence Ratio (ER)*
7. *Specific gasification Rate (SGR)*, *Specific Gas Production Rate (SGPR)* dan efisiensi gasifikasi.

Variasi yang dilakukan adalah variasi laju alir udara dengan mengatur bukaan keran di aliran masuk. Variasi ini akan diamati pengaruhnya terhadap variabel-variabel di atas.

I.5 BATASAN MASALAH

Pengambilan data meliputi pengukuran distribusi temperatur di dalam reaktor dan *burner*, pengukuran *flowrate* udara primer menggunakan digital anemometer yang dikonversikan dengan rpm inverter, pengukuran *flowrate* gas produser dengan *orifice meter*, serta pengambilan sampel foto untuk visualisasi nyala api pada variasi suplai udara primer dan sekunder.

Drafting perancangan menggunakan *software* SolidWork 2005. Tahap fabrikasi meliputi pembuatan prototipe *feeding door*, *cyclone*, *swirl burner* beserta konis, dan *gas holder tank*.

I.6 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan dan Perancangan
 - 1.1. Identifikasi masalah yang akan dibahas
 - 1.2. Penelusuran literatur yang mendukung dalam desain
 - 1.3. *Drafting* dan visualisasi rancangan serta sistem *feeding door* menggunakan SolidWork 2005
 - 1.4. Perancangan sistem pengaturan suplai udara pembakaran ke *combustion chamber*
2. Fabrikasi
 - 2.1. Pemilihan material sebagai bahan dasar *feeding door*
 - 2.2. Fabrikasi *feeding door*
 - 2.3. Pengadaan alat penunjang sistem dan alat ukur
 - 2.4. Instalasi sistem pemipaan
3. Pengujian dan Pengambilan Data
 - 3.1. Pengukuran laju alir udara primer menggunakan digital anemometer
 - 3.2. Pengukuran laju alir massa bahan bakar
 - 3.3. Pengukuran distribusi temperatur pada *gasifier* dan *burner* dengan menggunakan termokopel jenis K
 - 3.4. Pengukuran *flowrate* gas produser dengan *orifice meter* dan manometer miring
 - 3.5. Pengukuran laju alir abu (ash) sisa hasil pembakaran
 - 3.6. Pengukuran dan visualisasi foto dan video dari variasi laju alir udara pembakaran
4. Pengolahan Data dan Grafik
 - 4.1. Perhitungan *flowrate* gas produser dengan prinsip kekekalan massa dengan asumsi aliran *steady flow*

- 4.2. Perhitungan *flowrate* producer gas dengan hasil dari *orifice meter*
- 4.3. Perhitungan beberapa variabel *performance* dengan memvariasikan suplai udara primer dan sekunder
- 4.4. Interpretasi grafik perbandingan dari berbagai kondisi dari hasil pengolahan data
5. Analisa dan Kesimpulan
 - 5.1. Menganalisa perancangan dan fabrikasi
 - 5.2. Menganalisa korelasi kondisi pembakaran dengan profil nyala api
 - 5.3. Menyimpulkan rancangan, fabrikasi, hasil pengujian, pengukuran, karakteristik gasifikasi, serta hasil analisa

I.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis akan membagi dalam tujuh bab, yang masing-masing terdiri dari sub bab. Hal tersebut dimaksudkan untuk memudahkan dan mengarahkan pembahasan agar didapatkan informasi secara menyeluruh. Kerangka penulisan tersebut diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, berisi :

latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI, berisi :

pengenalan jenis dan analisa batubara, teori dasar pembakaran dan nyala api, proses gasifikasi, teori dan tinjauan pustaka *gas holding tank* serta variasi udara sekunder *blower mixing* pada proses pembakaran, dan prinsip kekekalan massa.

BAB III DESAIN DAN FABRIKASI, berisi :

perhitungan parameter desain dan pemaparan konstruksi rancangan *feeding door, cyclone, gas holding tank* dan *burner* yang disertai konis dan *swirl*. Pada bagian fabrikasi memberikan proses manufaktur. Langkah – langkah perancangan menggunakan *software Solidwork 2005*.

BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN, berisi :

set-up eksperimen, prosedur eksperimen, instrumentasi pengukuran, metode pengambilan data dari pengujian serta penjabaran data-data eksperimen hasil pengukuran.

BAB V PENGOLAHAN DATA DAN GRAFIK, berisi :

pengolahan data-data yang diperoleh guna memperoleh laju alir produksi gas, nilai kalor produksi gas, rasio udara, kecepatan gasifikasi spesifik, kecepatan produksi gas spesifik dan efisiensi gasifikasi serta menginterpretasikan grafik-grafik perbandingan pada beberapa kondisi pembakaran.

BAB VI ANALISA, berisi :

analisa variasi laju udara primer terhadap tingkat kerja karakteristik *gasifier* batu bara dan analisa kinerja hasil modifikasi (*feeding door, siklon, gas holding tank dan gas burner*) yang telah diintegrasikan dengan sistem gasifikasi secara keseluruhan.

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN, berisi :

pengambilan kesimpulan dari hasil perhitungan desain, fabrikasi, serta pengolahan data. Dilengkapi dengan usulan serta saran yang diharapkan dapat membantu kesempurnaan penelitian.