

**ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN
BATUBARA PT. PROLINDO CIPTA NUSANTARA
KECAMATAN SUNGAI LOBAN KABUPATEN
TANAH BUMBU PROVINSI KALIMANTAN
SELATAN**

SKRIPSI



OLEH:

WIDI NOVIANTI
DBD 115 023

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2022**

**ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN
BATUBARA PT. PROLINDO CIPTA NUSANTARA
KECAMATAN SUNGAI LOBAN KABUPATEN
TANAH BUMBU PROVINSI KALIMANTAN
SELATAN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan / Program Studi Teknik Pertambangan
Universitas Palangka Raya**



OLEH:

**WIDI NOVIANTI
DBD 115 023**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2022**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : WIDI NOVIANTI

NIM : DBD 115 023

JURUSAN/PRODI : TEKNIK PERTAMBANGAN

Menyatakan bahwa penyusunan Skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri, terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka. Apabila terdapat pelanggaran dalam Penulisan dan Penyusunan Skripsi ini, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai aturan dan ketentuan yang berlaku.

Palangka Raya, 7 Maret 2022



Widi Novianti
NIM. DBD 115 023

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI





**ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BATUBARA PT.
PROLINDO CIPTA NUSANTARA KECAMATAN SUNGAI LOBAN
KABUPATEN TANAH BUMBU PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Oleh

WIDI NOVIANTI
DBD 115 023

Telah dipertahankan di depan tim penguji pada tanggal 7 Maret 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Tim Penguji,

- | | | |
|---|-------------------|---|
| 1. <u>Dr. DEDDY N.S.P TANGGARA, S.T., M.T.</u>
NIP. 19770110 200812 1 001 | KETUA |  |
| 2. <u>YOSSA YONATHAN HUTAJULU, S.T., M.T.</u>
NIP. 19841022 201504 1 001 | SEKRETARIS |  |
| 3. <u>NOVERIADY, S.T., M.T.</u>
NIP. 19861125 201903 1 007 | ANGGOTA |  |
| 4. <u>NENY SUKMAWATIE, S.Hut., M.P.</u>
NIP. 19760614 200801 2 020 | ANGGOTA |  |

Mengetahui,
Dekan
Fakultas Teknik



Menyetujui,
Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan



FAHRUL INDRAJAYA, S.T., M.T.
NIP. 19791215 200812 1 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

**Dan jadikanlah dirimu sendiri suatu teladan dalam berbuat baik.
Hendaklah engkau jujur dan bersungguh-sungguh dalam
pengajaranmu.**

Titus 2:7

**Ku persembahkan Skripsi ini untuk diri saya sendiri, Terima kasih
sudah Berjuang sehingga memperoleh Gelar Sarjana Teknik.**

- ♥ Terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmatNya dikehidupanku hingga saat ini.
- ♥ Terima kasih kepada kedua orang tuaku Edy M. Gasan dan Wynanie, S.Pd, yang sudah mendukung dan memberikan kasih sayang, motivasi, cintanya kepadaku dan juga semangat dalam mewujudkan cita-citaku.
- ♥ Terima kasih kepada Kakakku Petti Jaikha beserta suaminya Jackson Charlos Natalo dan anaknya Japeloz Levin Balinger. Dan juga kepada adik saya Ardelia Amadea, yang sudah memberi saya semangat, motivasi dan nasehat tentang perjuangan dan kehidupan.
- ♥ Terima kasih kepada pasangan saya, yang senantiasa membantu dan mendukung saya, tempat curhat dan keluh kesah saya, selalu sabar dan setia.
- ♥ Terima kasih kepada Cofams (Bapang, Betet, Degoy, Dikyw, Dragon, Lanang, Liaw, Tatan), yang sudah banyak membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini dan sudah menemani dari awal perkuliahan sampai kita mengikuti organisasi bareng. Walaupun selama berteman dengan kalian banyak sedihnya, tapi juga banyak senangnya, banyak bahagianya dan banyak sudah kenangan buruk dan indah bersama kalian. Harapan ke depannya setelah kita lulus semua, jangan saling melupakan tetaplah menjalin komunikasi dan semoga kita semua menjadi orang yang sukses ke depannya.
- ♥ Terima kasih kepada Ketua Jurusan beserta semua Dosen dan Staf Teknik Pertambangan, yang telah banyak membantu dan memberikan ilmu, nasehat dan pembelajaran berharga dihidup saya.
- ♥ Terima kasih kepada teman-teman seangkatan dan adik tingkat yang sudah membantu dan menemani saya menunggu Dosen selama proses konsultasi Skripsi ini.

SARI

Indonesia termasuk negara dengan sumber tambang batubara terbesar di dunia. Cadangannya diperkirakan 36,3 milyar ton. Hanya saja 50-85% berkualitas rendah. Sehingga dalam penelitian ini, peneliti dapat mengetahui karakteristik pembakaran batubara dan peringkat batubara untuk pemanfaatannya dengan menggunakan alat *Thermogravimetry Analyzer* (TGA). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, dimana dalam metode kuantitatif ini peneliti akan menganalisis grafik TGA/DTA yaitu hasil dari pengujian laboratorium. Metode kuantitatif ini digunakan untuk mendapatkan karakteristik pembakaran batubara dengan mengamati perubahan temperatur dan waktu pada massa batubara. Hasil dari penelitian karakteristik pembakaran batubara yaitu didapatkan perhitungan energi aktivasi batubara PCN 1 adalah 9932,9 Btu/lb dan batubara PCN 2 adalah 10270,2 Btu/lb. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa batubara PCN 1 dan PCN 2 termasuk dalam batubara sub-bituminus B, maka pemanfaatannya adalah untuk pembangkit listrik, produksi semen dan penggunaan untuk industri. Berdasarkan pengolahan data yang sudah dilakukan, maka peneliti ingin memberikan saran yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan batubara sampel yang berbeda lokasi seam pengambilan sampel agar mendapatkan perbandingan karakteristik batubara dan mengenai karakteristik pembakaran batubara supaya lebih maksimal lagi dengan menganalisis peningkatan kimia batubara untuk mengetahui kualitas batubara tersebut.

Kata Kunci: karakteristik, pembakaran, batubara, TGA, energi aktivasi.

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries with the largest coal mining resources in the world. Its reserves are estimated at 36,3 billion tonnes. It's just that 50-85% low quality. So that in this study, researchers can determine the characteristics of coal combustion and coal rank for its utilization by using a Thermogravimetry Analyzer (TGA). The method used in this study is a quantitative method, where in this quantitative method the researcher will analyze the TGA/DTA graph, which is the result of laboratory testing. This quantitative method is used to obtain the characteristics of coal combustion by observing changes in temperature and time in the coal mass. The results of the research on the characteristics of coal combustion are that the calculation of the activation energy of PCN 1 coal is 9932,9 Btu/lb and PCN 2 coal is 10270,2 Btu/lb. Based on the results of this study, it is known that PCN 1 and PCN 2 coal are included in sub-bituminous coal B, so their use is for power generation, cement production and industrial use. Based on the data processing that has been done, the researchers would like to suggest that further research needs to be done using coal samples from different seam sampling locations in order to get a comparison of the characteristics of coal and about the characteristics of coal combustion so that it is more leverage by analyzing the increase in coal chemistry to determine the quality of coal.

Keywords: characteristics, combustion, coal, TGA, activation energy.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang selalu melimpahkan Berkah, Kasih dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang merupakan hasil Penelitian Skripsi yang dilakukan selama lebih kurang 2 bulan dari Oktober 2020 sampai dengan November 2020 dengan judul “Analisis Karakteristik Pembakaran Batubara PT. Prolindo Cipta Nusantara Kecamatan Sungai Loban Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan”. Pada kesempatan ini izinkanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Fahrul Indraajaya, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya yang juga selaku Dosen Pembimbing II (dua) Skripsi.
4. Bapak Dr. Deddy N.S.P Tanggara, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I (satu) Skripsi.
5. Bapak Noveriady, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I (satu) Skripsi.
6. Ibu Neny Sukmawatie, S. Hut., M.P., selaku Dosen Penguji II (dua) Skripsi.

Seperti kata pepatah tiada gading yang tak retak, penulis menyadari sepenuhnya, bahwa di dalam laporan ini tentu masih banyak terdapat kekurangan baik dalam penulisan ataupun keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu,

penulis mohon maaf sekaligus mengharapkan masukan berupa saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Sehingga Skripsi ini nantinya dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palangka Raya, 7 Maret 2022

Penulis,

WIDI NOVIANTI
NIM. DBD 115 023

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SARI.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Batasan Masalah	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Batubara	6
2.2.1 Definisi Batubara	6
2.2.2 Klasifikasi Batubara.....	7
2.2.3 Pemanfaatan Batubara	9
2.2.4 Analisis Batubara.....	11
2.2.4.1 Pengambilan Sampel	12
2.2.4.2 Preparasi Sampel	12
2.3 Prinsip Pembakaran	12
2.4 <i>Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)</i>	17
2.5 <i>Differential Thermal Analysis (DTA)</i>	20
2.6 Gas Nitrogen, Oksigen dan Udara Tekan	21
2.7 Energi Aktivasi	22
BAB III METODE PENELITIAN	

	Halaman
3.1	Gambaran Umum Wilayah Penelitian 26
3.1.1	Lokasi dan Kesampaian Daerah 26
3.1.2	Keadaan Flora dan Fauna 28
3.2	Kondisi Geologi 29
3.2.1	Geologi Regional 29
3.2.2	Geologi Daerah Penelitian 36
3.3	Alat dan Bahan 37
3.3.1	Alat dan Bahan Pengujian Laboratorium 37
3.3.2	Alat dan Bahan Pengolahan Data 37
3.4	Tata Laksana Penelitian 37
3.4.1	Langkah Kerja 37
3.4.2	Metode Penelitian 40
3.5	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Skripsi 41
3.6	Diagram Alir Pemikiran Penelitian Skripsi 41
3.7	Waktu Penelitian 41
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Hasil 45
4.1.1	Pembakaran Batubara Menggunakan Alat TGA 45
4.1.2	Karakteristik Pembakaran Batubara 48
4.1.2.1	Hasil Pembakaran Sampel Batubara PCN 1... 48
4.1.2.2	Hasil Pembakaran Sampel Batubara PCN 2... 51
4.2	Pembahasan 55
4.2.1	Pembakaran Batubara Menggunakan Alat TGA 55
4.2.2	Analisis Karakteristik Pembakaran Batubara 57
4.2.2.1	Karakteristik Pembakaran Batubara PCN 1 ... 57
4.2.2.2	Karakteristik Pembakaran Batubara PCN 2... 59
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan 62
5.2	Saran 64
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Sistem Klasifikasi Batubara ASTM.....	8
2.2 Proses yang Menyebabkan Penambahan dan Pengurangan Berat pada Eksperimen TGA.....	19
3.1 Batas Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT. Prolindo Cipta Nusantara	28
3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian Skripsi	44
4.1 Perubahan Massa Batubara PCN 1	49
4.2 Hasil Uji DTA Batubara PCN 1	49
4.3 Hasil Perhitungan Energi Aktivasi	50
4.4 Perubahan Massa Batubara PCN 2	52
4.5 Hasil Uji DTA Batubara PCN 2	53
4.6 Hasil Perhitungan Energi Aktivasi	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Jenis-jenis Batubara dan Pemanfaatannya.....	10
2.2 Kriteria Hasil Pembakaran Sempurna, Baik, dan Tak Sempurna.....	15
2.3 Fase Perubahan Material Batubara ke Kokas	16
2.4 Perubahan Struktur Batubara	16
2.5 <i>Lay Out</i> Prinsip Kerja Alat TGA	18
3.1 Stratigrafi Kota Baru.....	35
3.2 Pengambilan Sampel Batubara	39
3.3 Diagram Alir Penelitian	42
3.4 Diagram Alir Pemikiran	43
4.1 Alat TGA	45
4.2 Menyalakan Alat TGA	46
4.3 A. Mengoperasikan Program TGA.....	46
B. Hidrolik Sampel	46
C. Memasukkan Sampel Batubara Ke Hidrolik Sampel	46
4.4 Mengalirkan gas.....	47
4.5 Pengolahan Data	47
4.6 A. Analisis TGA/DTA Batubara PCN 1	47
B. Analisis TGA/DTA Batubara PCN 2.....	47
4.7 Grafik TGA/DTA Batubara PCN 1	48
4.8 Grafik Hubungan $\ln K$ vs $1/T$	51
4.9 Grafik TGA/DTA Batubara PCN 2	52
4.10 Grafik Hubungan $\ln K$ vs $1/T$	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- A Peta
 - A.1 Peta Kesampaian Daerah
 - A.2 Peta Geologi Lembar Kota Baru
 - A.3 Peta Geologi Daerah Penelitian
- B Laporan Hasil Analisis Kualitas Batubara
- C. Hasil Pengujian TGA Batubara Di Laboratorium
 - Tabel C.1 Pengujian TGA Batubara PCN 1
 - Tabel C.2 Pengujian TGA Batubara PCN 2
 - Tabel C.3 Pengujian DTA Batubara PCN 1
 - Tabel C.4 Pengujian DTA Batubara PCN 2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi sumber daya batubara di Indonesia sangat melimpah, terutama di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatera. Batubara saat ini banyak digunakan dalam industri berskala besar antara lain pada pembangkit tenaga listrik, pabrik semen, dan industri yang memerlukan proses pemanasan seperti pabrik pengecoran dan pengolahan besi baja.

Indonesia termasuk negara dengan sumber tambang batubara terbesar di dunia. Cadangannya diperkirakan 36,3 milyar ton. Hanya saja 50-85% berkualitas rendah. Ini dilihat dari nilai kalori pembakaran yang rendah dan kadar sulfur serta airnya yang tergolong tinggi. Nilai kalori batubara sangat mempengaruhi kualitas batubara dalam pemanfaatannya sebagai bahan bakar.

Sehingga dalam penelitian ini, peneliti dapat mengetahui karakteristik pembakaran batubara dan peringkat batubara untuk pemanfaatannya. Maka dengan itu, dalam pemanfaatan atau pemakaian sumber energi batubara nanti bisa seefisien mungkin dalam menghadapi krisis energi dan penggunaan batubara di masa depan dapat dilakukan dengan cara yang lebih bijaksana, agar sumber energi ini tidak cepat habis.

Thermogravimetry Analyzer (TGA) adalah suatu teknik analitik untuk menentukan stabilitas termal suatu material dan fraksi komponen *volatile* dengan menghitung perubahan berat yang dihubungkan dengan perubahan temperatur.

TGA biasanya diaplikasikan pada beberapa riset untuk menentukan karakteristik material seperti organik, untuk menentukan penurunan temperatur, kandungan material yang diserap, komponen anorganik dan organik dalam material, dekomposisi bahan yang *volatile*, dan TGA juga digunakan untuk penentuan peringkat batubara (ASTM D7582-10).

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik mengambil judul Skripsi “*Analisis Karakteristik Pembakaran Batubara PT. Prolindo Cipta Nusantara Kecamatan Sungai Loban Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan*”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengujian batubara menggunakan alat TGA?
2. Bagaimana karakteristik pembakaran batubara PT. Prolindo Cipta Nusantara?

1.3 Maksud

Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui perubahan massa batubara pada temperatur/ $^{\circ}\text{C}$ dan waktu/menit selama proses pembakaran menggunakan alat TGA.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengujian batubara menggunakan alat TGA;
2. Menganalisis karakteristik dari pembakaran batubara PT. Prolindo Cipta Nusantara.

1.5 Manfaat

Berikut adalah beberapa manfaat penelitian ini antara lain:

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dan untuk mengetahui karakteristik pembakaran dari sampel batubara, yaitu penurunan massa batubara pada temperatur dan waktu.

2. Bagi Universitas

Hasil penelitian berikut ini digunakan sebagai salah satu referensi atau literatur dikemudian hari untuk mendukung penelitian terdahulu, selain itu dapat menambah ruang lingkup referensi bagi universitas.

3. Bagi Perusahaan

Manfaat penelitian bagi perusahaan adalah untuk memahami karakteristik pembakaran batubara pada lokasi perusahaan tersebut.

1.6 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak melebar maka batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Sampel batubara berasal dari PT. Prolindo Cipta Nusantara;
2. Penelitian ini membahas mengenai cara penggunaan dan hasil analisa TGA untuk mengetahui karakteristik pembakaran yaitu perubahan massa batubara, temperatur dan waktu.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian oleh Rr. Harminuke Eko Handayani, RR. Yunita Bayu Ningsih dan Canda Muammal, (2017). Pembakaran dengan sampel biobriket batubara campuran batubara dan ampas tebu menggunakan variasi tekanan yang berbeda, yaitu: Pada tekanan 75 kg/cm^2 terjadi pengurangan massa pada suhu 269°C , suhu 274°C , suhu 404°C dan habis terbakar pada suhu 290°C . Pada tekanan 100 kg/cm^2 terjadi pengurangan massa pada suhu 266°C , suhu 274°C , suhu 408°C dan habis terbakar pada suhu 291°C . Pada tekanan 125 kg/cm^2 terjadi pengurangan massa pada suhu 264°C , suhu 271°C , suhu 409°C dan habis terbakar pada suhu 288°C . Pada tekanan 150 kg/cm^2 terjadi pengurangan massa pada suhu 263°C , suhu 271°C , suhu 397°C dan habis terbakar pada suhu 288°C .

Berdasarkan penelitian oleh Sandoro Sinaga dan Dwi Asmi, (2015). Pembakaran dengan sampel keramik silika dari daun bambu hasil *leaching* asam sitrat, yaitu: Kurva DTA menunjukkan adanya perubahan sifat termal dengan adanya puncak endotermik (penyerapan panas) yang terjadi pada suhu 324°C dan pada rentang suhu $1000\text{-}1200^\circ\text{C}$, serta adanya puncak eksotermik (pelepasan panas) yang terjadi pada suhu 330°C dan pada suhu 482°C . Hasil analisis pembakaran dengan alat TGA menunjukkan adanya penurunan massa, penurunan

massa yang cukup besar dimulai dari suhu 501°C sebesar 77,6% dan pada suhu 612°C sebesar 84,3%.

Berdasarkan penelitian oleh Yudi Setiawan, (2012). Hasil pembakaran menggunakan 6 sampel, yaitu: Pada sampel 1 bambu terjadi pengurangan massa pada suhu 203°C, suhu 248°C, suhu 364°C dan habis terbakar pada suhu 737°C dengan energi aktivasi 22,981 kJ/mol. Pada akhir pembakaran diperoleh massa akhir 18,1% dan waktu pembakaran sekitar 23 menit. Pada sampel 2 daun pisang terjadi pengurangan massa pada suhu 197°C, suhu 209°C, suhu 315°C dan habis terbakar pada suhu 736°C dengan energi aktivasi pembakaran 22,623 kJ/mol. Pada akhir pembakaran diperoleh massa akhir 16,5% dengan waktu pembakaran sekitar 21 menit. Pada sampel 3 plastik kemasan terjadi pengurangan massa pada suhu 242°C, suhu 288°C, suhu 687°C dan habis terbakar pada suhu 559°C. Pada akhir pembakaran diperoleh massa akhir 51% dengan waktu pembakaran sekitar 10 menit dengan energi aktivasi pembakaran 31,420 kJ/mol. Pada sampel 4 campuran bambu dan daun pisang terjadi pengurangan massa pada suhu 158°C, suhu 176°C, suhu 376°C dan habis terbakar pada suhu 729°C. Pada akhir pembakaran diperoleh massa akhir 28% dengan waktu pembakaran sekitar 18 menit dan energi aktivasi pembakaran 22,923 kJ/mol. Pada sampel 5 campuran bambu dan plastik kemasan, terjadi pengurangan massa pada suhu 174°C, suhu 194°C, suhu 384,3°C dan habis terbakar pada suhu 602°C. Pada akhir pembakaran diperoleh massa akhir 20,1% dengan waktu pembakaran 18 menit dan energi aktivasi pembakaran 26,265 kJ/mol. Pada sampel 6 campuran daun pisang dan plastik kemasan terjadi pengurangan massa pada suhu 193°C, suhu 240°C, suhu

420°C dan habis terbakar pada suhu 574°C. Pada akhir pembakaran diperoleh massa akhir 42% dengan waktu pembakaran sekitar 42 menit dengan energi aktivasi pembakaran 32,809 kJ/mol.

2.2 Batubara

2.2.1 Definisi Batubara

Batubara ialah batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, dan oksigen sebagai unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Zat lain, yaitu senyawa anorganik pembentuk ash tersebar sebagai partikel zat mineral terpisah-pisah di seluruh senyawa batubara. Beberapa jenis batubara meleleh dan menjadi plastik apabila dipanaskan, tetapi meninggalkan suatu residu yang disebut kokas. Batubara dapat dibakar untuk membangkitkan uap atau dikarbonasikan untuk membuat bahan bakar cair atau dihidrogenasikan untuk membuat metan. Gas sintesis atau bahan bakar berupa gas dapat diproduksi sebagai produk utama dengan jalan gasifikasi sempurna dari batubara dengan oksigen dan uap atau udara dan uap. (Elliott, 1981).

Batubara berasal dari tumbuhan yang mati, kemudian tertutup oleh lapisan batuan sedimen. Ketebalan timbunan itu lama kelamaan menjadi berkurang karena adanya pengaruh suhu dan tekanan yang tinggi. Contohnya di Australia timbunan tumbuhan mati setebal 100 meter, setelah 1,6 juta tahun berubah menjadi lapisan batubara peringkat (*rank*) tinggi setebal 1 meter.

Definisi batubara mencakup beberapa aspek, yaitu:

- Batubara termasuk batuan sedimen;

- Batubara adalah suatu senyawa yang heterogen;
- Batubara terdiri atas unsur-unsur utama: karbon, hidrogen, dan oksigen; serta unsur-unsur tambahan: belerang (*sulfur*) dan nitrogen;
- Batubara mengandung zat mineral, suatu senyawa anorganik;
- Beberapa jenis batubara tertentu dapat diubah menjadi kokas metalurgi;
- Beberapa jenis batubara cocok untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit uap di PLTU;
- Beberapa jenis batubara tertentu dapat diubah bentuknya menjadi zat cair dan gas.

2.2.2 Klasifikasi Batubara

Peringkat batubara adalah posisi batubara dalam seri lignit-antrasit. Batubara diklasifikasikan berdasarkan peringkatnya oleh ASTM (*American Standards for Testing and Materials*) seperti pada tabel 2.1. data yang diperlukan untuk klasifikasi adalah karbon padat 'dmmf' (*dry mineral matter free*). Kadar zat terbang 'dmmf' (*dry mineral matter free*) dan nilai kalor 'mmf' (*moist mineral matter free*). Yang disebut *moist* adalah kondisi batubara yang masih berada dalam tanah dan mengandung *bed moisture*. Data tersebut diperoleh dari perhitungan menggunakan Rumus Parr.

Untuk batubara peringkat menengah ke atas digunakan data karbon padat 'dmmf' dan kadar zat terbang 'dmmf'. Sedangkan untuk batubara peringkat menengah ke bawah digunakan data nilai kalori 'mmf'.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Batubara ASTM

Class	Group	Fixed Carbon Limits (% , Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits (% , Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Calorific Value Limits (Btu/lb, Moist, Mineral-Matter-Free Basis)		Agglomerating Character
		=	<	>	=	=	<	
I. Anthracitic	1. Metaanthracite	98	-	-	2	-	-	Non
	2. Anthracite	92	98	2	8	-	-	Agglomerating
	3. Semianthracite	86	92	8	14	-	-	
II. Bituminous	1. Low-volatile bituminous coal	78	86	14	22	-	-	
	2. Medium-volatile bituminous coal	69	78	22	31	-	-	
	3. High-volatile A bituminous coal	-	69	31	-	14.000	-	Commonly
	4. High-volatile B bituminous coal	-	-	-	-	13.000	14.000	Agglomerating
	5. High-volatile C bituminous coal	-	-	-	-	11.500	13.000	
					10.500	11.500	Agglomerating	
III. Subbituminous	1. Subbituminous A coal	-	-	-	-	10.500	11.500	
	2. Subbituminous B coal	-	-	-	-	9.500	10.500	
	3. Subbituminous C coal	-	-	-	-	8.300	9.500	Non
IV. Lignite	1. Lignite A	-	-	-	-	6.300	8.300	Agglomerating
	2. Lignite B	-	-	-	-	-	6.300	

^a Klasifikasi ini tidak memasukkan jenis *nonbanded*, dengan sifat fisik dan kimia yang luar biasa dan termasuk ke dalam dengan *fixed-carbon* atau *calorific value* terbatas pada peringkat *high-volatile bituminous* dan *subbituminous*. Salah satu dari semua batubara yang mengandung *fixed carbon* < 48% pada basis *dry, mineral-matter-free* atau mempunyai > 15,500 Btu/lb dalam basis *moist, mineral-matter-free*.

^b Sebagian besar merujuk pada batubara yang mengandung *inherent moisture* alami, namun tidak termasuk batubara yang permukaannya mengandung air.

^c Jika terjadi penggumpalan, batubara dikelompokkan ke dalam kelompok *low-volatile* dari kelas *bituminous*.

^d Batubara mengandung *fixed carbon* ≥ 69% berdasarkan basis *dry, mineral-matter-free* diklasifikasikan menurut *fixed carbon*, tanpa memperhatikan *calorific value*.

^e Batubara yang dikenal di sana mungkin berbagai batubara nonpenggumpalan dalam kelompok-kelompok dari kelas *bituminous*, dan tidak ada pengecualian khususnya pada kelas *bituminous high volatile C*.

Sumber : Speight, 2013

2.2.3. Pemanfaatan Batubara

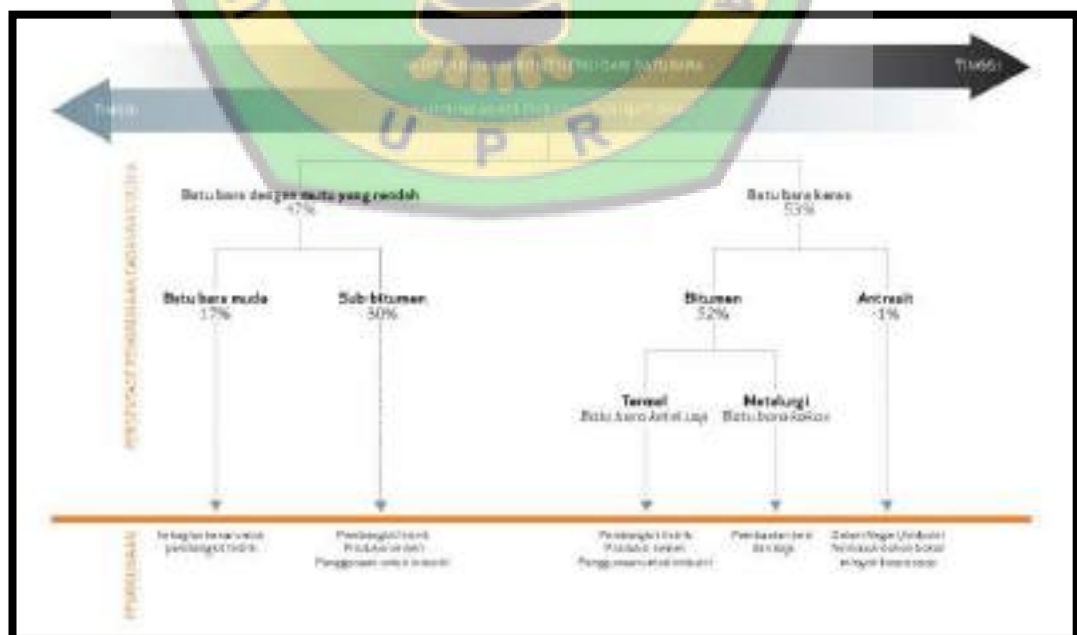
Klasifikasi batubara berdasarkan tingkat pematubaraan biasanya menjadi indikator umum untuk menentukan tujuan penggunaannya. Misalnya, batubara ketel uap atau batubara termal (steam coal) banyak digunakan untuk bahan bakar pembangkit listrik, pembakaran umum seperti pada industri bata atau genteng, dan industri semen, sedangkan batubara metalurgi (metallurgical coal atau coking coal) digunakan untuk keperluan industri besi dan baja serta industri kimia. Kedua jenis batubara tadi termasuk dalam batubara bituminus. Adapun batubara antrasit digunakan untuk proses sintering bijih mineral, proses pembuatan elektroda listrik, pembakaran batu gamping, dan untuk pembuatan briket tanpa asap. Jenis-jenis batubara dan pemanfaatannya dapat dilihat pada gambar 2.1.

Ditinjau dari segi pemanfaatannya, batubara dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Batubara untuk bahan bakar, disebut batubara bahan bakar (*steaming coal*, *fuel coal*, atau *energy coal*). Sebagai bahan bakar, batubara dapat dimanfaatkan untuk mengubah air menjadi uap di dalam suatu ketel uap atau *boiler* PLTU, untuk membakar bahan pembuat klinker di pabrik semen, dan sebagai bahan bakar di industri-industri kecil;
2. Batubara bitumen untuk pembuatan kokas, disebut batubara kokas (*coking coal*). Kokas ialah residu padat yang tertinggal bila batubara dipanaskan tanpa udara sampai sebagian zat yang mudah menguapnya hilang. Batubara kokas adalah batubara yang bila dipanaskan tanpa udara sampai suhu cukup tinggi akan menjadi lunak, terdevolatilisasi, mengembang dan memadat

kembali membentuk material yang porous. Material ini merupakan padatan kaya karbon yang disebut kokas. Kebanyakan kokas digunakan dalam pembuatan besi dan baja karena memberikan energi panas dan sekaligus bertindak sebagai zat pereduksi (*reductor*) terhadap bijih besi yang dikerjakan di dalam tanur suhu tinggi atau tungku pembakaran (*blast furnace*);

3. Batubara untuk dibuat bahan-bahan dasar energi lainnya, disebut batubara konversi (*conversion coal*). Batubara konversi ialah batubara yang dimanfaatkan tidak sebagai bahan bakar padat, tetapi energi yang dikandungnya disimpan dalam bentuk lainnya, yakni gas dan cairan. Pengubahan batubara dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu melalui pembuatan gas atau gasifikasi (*gasification*) dan pencairan batubara atau likuifaksi (*coal liquefaction*).



Sumber: *The Coal Resource*, 2004

Gambar 2.1 Jenis-jenis batubara dan pemanfaatannya

2.2.4 Analisis Batubara

Batubara terdiri atas pengotor (yang berupa *moisture* dan zat mineral) dan senyawa batubara. Analisis kimia ditujukan untuk menentukan berbagai unsur atau parameter, baik dalam zat pengotor maupun dalam batubara itu sendiri. Di samping analisis kimia, kadang-kadang dilakukan pula analisis petrografi untuk menentukan reflektans dan banyaknya maseral. Pengotor batubara dapat digolongkan menjadi dua, yakni *moisture* dan *ash*.

Pada hakikatnya, analisis kimia batubara (kuantitatif) dapat dibagi menjadi:

1. Penentuan *moisture*, mencakup penentuan *total moisture*, *free-moisture*, *residual moisture*, dan *moisture holding capacity (equilibrium moisture)*;
2. Analisis proksimat meliputi penentuan *moisture* dalam sampel yang dianalisis, kandungan *ash*, *volatile matter*, dan *fixed carbon*;
3. Analisis ultimate meliputi penentuan unsur karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, karbon dioksida, dan oksigen;
4. Analisis parameter khusus batubara bahan bakar:
 - ❖ Penentuan *calorific value* atau *specific energy*;
 - ❖ Penentuan kekerasan batubara;
 - ❖ Penentuan suhu leleh *ash*;
 - ❖ Analisis *ash* (oksida-oksida dari silikon, aluminium, besi, magnesium, kalsium, natrium, kalium, mangan, titanium, dan fosfor).
5. Penentuan unsur fosfor, klor, arsen, dan sebagainya dalam batubara;
6. Analisis dan penentuan tambahan (bila diperlukan):
 - ❖ Analisis ayak;

- ❖ Penentuan *density*, sifat pencucian (*float and sink*), bentuk sulfur dan sebagainya.

2.2.4.1 Pengambilan Sampel

Umumnya sampel batubara yang diambil akan bergantung pada keperluan untuk apa batubara itu dianalisis. Dengan begitu dibedakan dua sampel berdasarkan cara samplingnya:

- ❖ Sampel batubara eksplorasi;
 - ❖ Sampel batubara yang sudah diproduksi dan kemudian diangkat dari tambang.
- Sampel batubara eksplorasi jenisnya bergantung pada tahapan eksplorasi tersebut, dapat berupa inti bor ataupun batubara bongkahan. Sementara itu, sampel batubara produksi umumnya berukuran -150 mm dan -50 mm.

2.2.4.2 Preparasi Sampel

Untuk membuat sampel analitis, yaitu sampel yang dibawa ke laboratorium untuk dianalisis, sampel yang baru diambil (di-sampling) diperkecil ukuran butir atau partikelnya sampai -0,2 mm dan diperkecil pula ukuran beratnya hingga 100-200 gram. Sampel yang telah di preparasi ini dianalisis di laboratorium.

2.3 Prinsip Pembakaran

Proses pembakaran merupakan laju oksidasi dari suatu bahan bakar yang tersusun dari komponen *hydrocarbons* dalam menghasilkan energi panas. Pembakaran sempurna dari suatu bahan bakar dapat dicapai dengan adanya campuran yang tepat antara jumlah bahan bakar dan oksigen. Bahan bakar padat maupun cair, harus berubah dalam fase gas sebelum terbakar, sedangkan bahan bakar gas akan terbakar dengan sendirinya apabila terdapat persentase campuran

udara yang tepat. Biasanya, diperlukan adanya pemanasan dalam mengubah bahan bakar padat maupun cair menjadi fase gas.

Kriteria pembakaran yang baik dan sempurna adalah proses pembakaran yang dapat melepas keseluruhan energi panas yang terkandung dalam bahan bakar. Untuk memperoleh keseluruhan energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran, nyala api pembakaran yang dihasilkan harus pada kondisi stabil, tidak padam, dan juga tidak terjadi nyala api balik ke arah burner, selain itu juga harus di perhatikan bahwa dalam pembakaran terdapat laju perambatan api, sehingga aliran atau laju dari bahan bakar atau campuran bahan bakar dan udara tidak boleh lebih besar dari pada laju pembakarannya, karena akan dapat menyebabkan kegagalan pembakaran atau bahan bakar tidak terbakar.

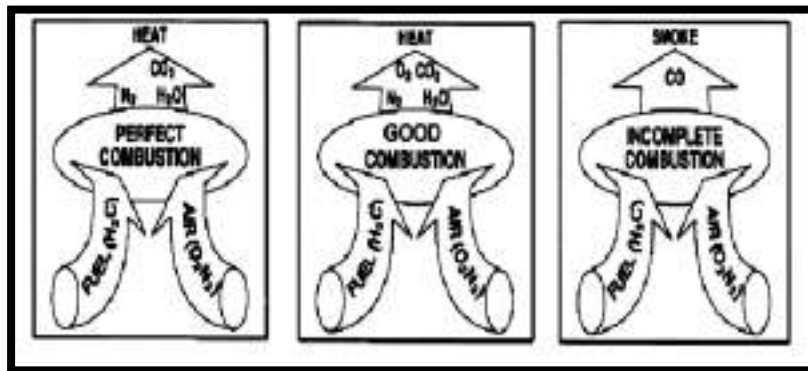
Syarat terjadinya pembakaran diperlukan adanya tiga parameter utama, diantaranya:

1. Adanya pemicu atau pemantik, untuk memicu dan menjaga kontinuitas proses pembakaran. Namun ada juga yang tidak menggunakan pemantik tetapi memanfaatkan tekanan atau temperatur tinggi melebihi temperatur bakar dari bahan bakarnya, sehingga dengan masuknya bahan bakar dan udara pembakaran akan secara langsung terjadi dengan sendirinya dan berkelanjutan;
2. Bahan bakar, dalam hal ini bahan bakarnya adalah batubara dan solar;
3. Udara (oksigen).

Sedangkan untuk memperoleh pembakaran batu bara yang sempurna diperlukan beberapa parameter diantaranya:

1. Temperatur tinggi, untuk memicu dan menjaga kontinuitas proses pembakaran;
2. Turbulensi aliran, untuk memaksimalkan pencampuran bahan bakar dan udara menjadi homogen;
3. Temperatur udara yang masuk, jika temperatur udara yang masuk lebih tinggi maka pembakaran akan mudah terjadi;
4. Kondisi Bahan bakar, jika batubara yang di bakar kadar airnya terlalu besar maka pembakaran akan lebih sulit terjadi;
5. Durasi atau rentang waktu, untuk membakar bahan bakar secara keseluruhan.

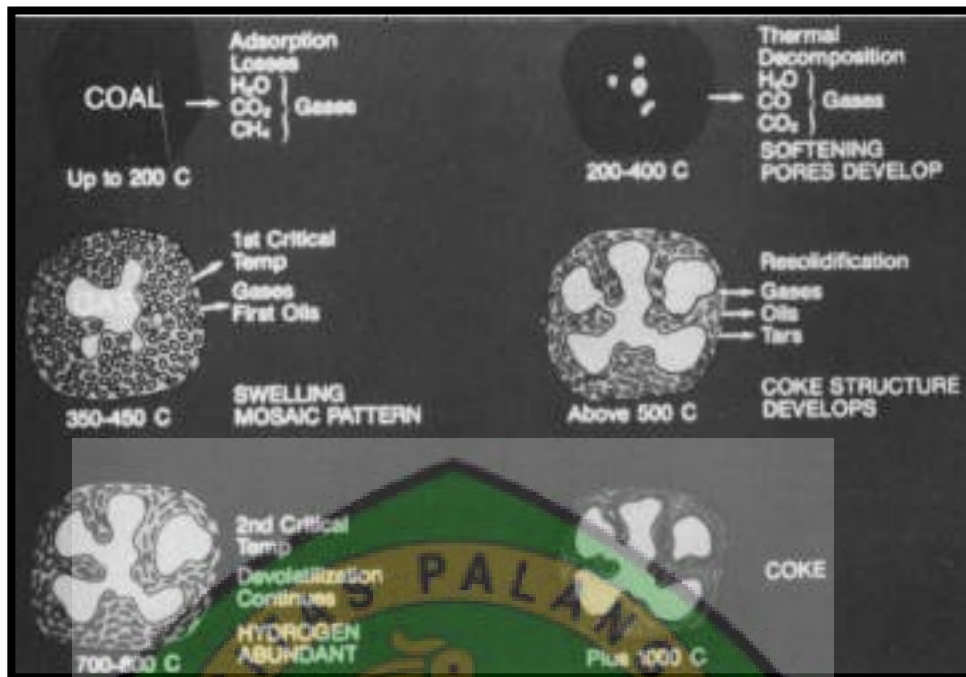
Pembakaran dengan bahan bakar berlebih maupun kekurangan, dapat memperbesar potensi adanya bahan bakar yang tidak terbakar maupun pembentukan CO. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan adanya komposisi O₂ yang tepat dengan adanya *excess air* untuk memastikan terjadinya pembakaran sempurna. Namun, dengan terlalu banyak komposisi *excess air*, juga dapat meningkatkan kerugian panas maupun efisiensi dari pembakaran. Hal tersebut dikarenakan energi panas yang dilepaskan dari proses pembakaran semakin banyak diserap oleh komponen N₂ di dalam udara yang tidak dapat terbakar. Pada dasarnya udara tersusun dari komponen N₂ sekitar 78%, O₂ sekitar 21%, dan 1% sisanya adalah *argon* dan gas-gas yang lain. Gambar 2.2 merupakan penjelasan mengenai sifat pembakaran yang terjadi.



Sumber : *Bureau of Energy Efficiency*, 2004

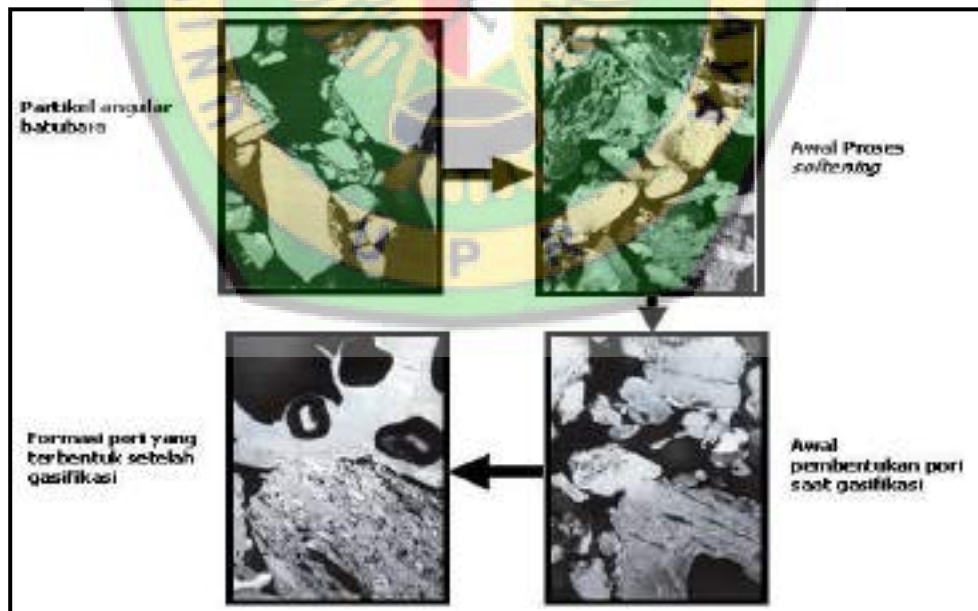
Gambar 2.2 Kriteria hasil pembakaran sempurna, baik, dan tak sempurna

Proses pembakaran terdiri dari pengeringan, devolatilisasi dan pembakaran char. Tahap pengeringan merupakan tahapan dimana pengurangan kadar air yang terdapat dalam briket biobatubara. Kadar air tersebut terbagi 2, yaitu *free moisture* atau air permukaan yang mengisi pori dari bahan dan air terikat yang terserap (Borman dan Ragland, 1998). Pengeringan dilakukan hingga air mencapai titik penguapannya. Selanjutnya pada proses devolatilisasi atau disebut juga fase pirolisis, dimana ketika mencapai suhu tertentu maka bahan akan melepas zat terbang yang dikandungnya sehingga terjadi dekomposisi. Setelah itu, maka dilanjutkan dengan pembakaran char, dimana tahap ini menghabiskan sebagian besar dari waktu pembakaran yang ada. Pembakaran berakhir ketika semua bahan sudah terbakar habis dan hanya menyisakan abu. Pada gambar 2.3 dibawah ini merupakan fase perubahan material tunggal batubara ke kokas dan perubahan struktur batubara (Gambar 2.4).



Sumber : Marsh dkk., 1989

Gambar 2.3 Fase perubahan material tunggal batubara ke kokas



Sumber : Taylor dkk., 1998

Gambar 2.4 Perubahan struktur batubara

Menurut (Sulistiyanto, 2006) terdapat beberapa hal yang mempengaruhi pembakaran, diantaranya:

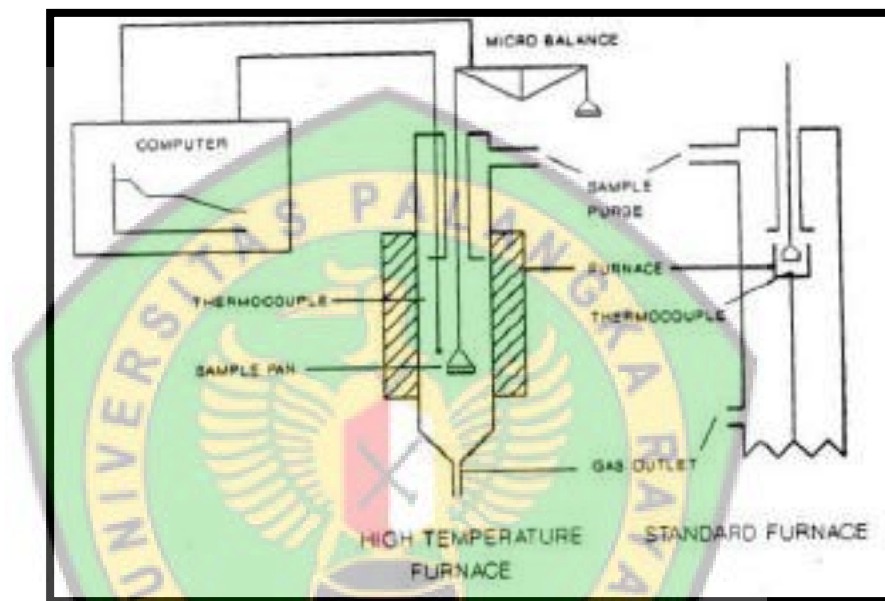
- 1 Ukuran partikel, dimana suatu materi akan lebih cepat terbakar jika ukurannya kecil;
- 2 Laju aliran udara, proses pembakaran berbanding lurus dengan laju aliran udara. Semakin cepat laju udara, maka pembakaran yang berlangsung juga semakin singkat;
- 3 Jenis bahan, pembakaran dipengaruhi oleh kandungan air dan zat terbang dari bahan itu sendiri;
- 4 Temperature pembakaran, pembakaran akan berlangsung lebih cepat jika temperaturnya dinaikkan.

2.4 Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)

Thermo Gravimetry Analyzer (TGA) telah banyak digunakan untuk menganalisis dekomposisi termal dari suatu bahan bakar padat, termasuk didalamnya adalah batubara. Pemilihan instrumen TGA pada penelitian kali ini dikarenakan kesederhanaan pada alat tersebut tetapi dapat lebih efektif dan efisien dalam memonitor profil pembakaran dan devolatilisasi akibat dekomposisi termal batubara secara kimiawi (Arenillas, 2001).

Metode TGA merupakan prosedur yang cukup banyak dilakukan dalam karakterisasi bahan. Pada prinsipnya metode ini mengukur berkurangnya massa material ketika dipanaskan dari suhu kamar sampai suhu tinggi.

TGA merupakan instrumen yang dapat mengukur perubahan massa dari suatu contoh material yang dipanaskan dengan laju konstan dan dapat dilihat nilai temperatur awal dan temperatur akhir dari sebuah proses dekomposisi suatu material (Braun,1987). *Lay out* prinsip kerja alat TGA dapat dilihat pada gambar 2.5.



Sumber : Coat, 2007

Gambar 2.5 *Lay out* prinsip kerja alat TGA (merek Perkin Elmer)

Alat TGA dilengkapi dengan timbangan mikro didalamnya sehingga secara otomatis berat sampel setiap saat bisa terekam dan disajikan dalam tampilan grafik.

Prinsip dasar analisis termogravimetry adalah perubahan massa sampel yang diamati ketika sampel dikenakan pada *Controlled temperature programe*. Program temperatur seringkali digunakan pada peningkatan suhu, namun pengamatan isothermal dapat juga dilakukan ketika perubahan massa sampel dengan waktu diikuti. TGA memiliki sifat kuantitatif, dan oleh karena itu TGA

merupakan teknik pengukuran secara termal yang sangat tepat, namun memberikan informasi kimia secara tidak langsung. Kemampuan analisis produk yang volatile selama penghilangan berat dalam jumlah yang besar. Untuk mendapatkan data dalam bentuk informasi grafis TGA biasanya di gabungkan pada beberapa detektor dan spektrofotometer seperti MS dan FTIR. Proses yang terjadi pada eksperimen dengan TGA yang menyebabkan penambahan berat ataupun kehilangan berat dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Proses yang Menyebabkan Penambahan dan Pengurangan Berat pada Eksperimen TGA

Proses	Penambahan Berat	Kehilangan Berat
Ad- or absorption	✓	✓
Desorption, drying		✓
Dehydration, desolvation		✓
Sublimation		✓
Vaporasion		✓
Decomposition		✓
Solid-solid reaction (some)		✓
Solid-gas reaction	✓	✓
Magnetic transition	✓	✓

Sumber : Anandhan, 2003

Teknik penggunaan TGA ialah mengukur kecepatan rata-rata perubahan massa suatu bahan sebagai fungsi dari suhu atau waktu pada atmosfer yang terkontrol. Pengukuran digunakan khususnya untuk menentukan komposisi dari suatu bahan atau cuplikan dan memperkirakan stabilitas termal pada suhu diatas 1000°C. Metode ini dapat mengkarakterisasi suatu bahan atau cuplikan yang dilihat dari kehilangan massa atau terjadinya dekomposisi, oksidasi atau dehidrasi.

Mekanisme perubahan massa pada TGA ialah bahan akan mengalami kehilangan maupun kenaikan massa. Proses kehilangan massa terjadi karena adanya proses dekomposisi yaitu pemutusan ikatan kimia, evaporasi yaitu kehilangan atsmi pada peningkatan suhu, reduksi yaitu interaksi bahan dengan pereduksi, dan desorpsi. Sedangkan kenaikan massa disebabkan oleh proses oksidasi yaitu interaksi bahan dengan suasana pengoksidasi, dan absorpsi.

2.5 Differential Thermal Analysis (DTA)

Differential thermal analysis adalah analisis termal yang menggunakan referensi sebagai acuan perbandingan hasilnya, material referensi ini biasanya material inert. Sampel dan material referensi dipanaskan secara bersamaan dalam satu dapur. Perbedaan temperatur sampel dengan temperatur material referensi direkam selama siklus pemanasan dan pendinginan.

DTA melibatkan pemanasan atau pendinginan dari sampel pengujian dan sampel referensi dibawah kondisi yang identik saat dilakukan perekaman dalam berbagai perbedaan temperatur antara sampel dan referensi. Perbedaan temperatur ini lalu di plot berdasarkan waktu atau temperatur.

DTA digunakan untuk studi sifat termal dan perubahan fasa yang tidak mengakibatkan perubahan entalpi. Hasil pengujian DTA ini merupakan kurva yang menunjukkan diskontinuitas pada temperatur transisi dan kemiringan kurva pada titik tertentu akan tergantung pada konstitusi mikrostruktur sampel pada temperatur tersebut.

Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengujian DTA:

- Berat sampel;

- Ukuran partikel;
- Laju pemanasan;
- Kondisi atmosfer;
- Kondisi material itu sendiri.

2.6 Gas Nitrogen, Oksigen dan Udara Tekan

Gas nitrogen adalah gas industri yang diproduksi melalui distilasi fraksional udara cair, atau melalui cara mekanis dengan menggunakan bahan baku udara (membran osmosis balik bertekanan atau penjerapan ayun tekanan). Generator gas nitrogen yang menggunakan membran atau penjerapan ayun tekanan (*pressure swing adsorption*, PSA) biasanya lebih efisien dari sisi biaya dan energi dibandingkan nitrogen bertekanan yang disimpan dan dikirim di dalam tabung.

Nitrogen komersial sering kali merupakan hasil samping dari pengolahan udara untuk pemekatan industri oksigen untuk pengolahan baja dan penggunaan lainnya. Ketika dipasok sebagai gas bertekanan dalam tabung, sering kali disebut sebagai nitrogen bebas oksigen (*oxygen-free nitrogen*, OFN).

Gas oksigen diekstraksi dari udara untuk keperluan industri setiap tahun melalui dua metode utama. Metode yang paling banyak digunakan adalah distilasi fraksional dari udara yang sudah dicairkan. Saat proses berlangsung, N_2 menguap sedangkan O_2 tersisa sebagai cairan. Metode kedua untuk menghasilkan O_2 melewati aliran udara bersih dan kering melalui sebuah unggun dari sepasang saringan molekuler zeolit yang seperti satu sama lain, yang menyerap nitrogen dan mengalirkan aliran gas dengan kemurnian O_2 90% sampai 93%. Pada waktu bersamaan, gas nitrogen dilepaskan dari unggun zeolit yang jenuh dengan

nitrogen yang lain, dengan mengurangi tekanan operasi ruang dan mengalihkan sebagian gas oksigen dari unggun produsen melaluinya, dengan arah aliran yang berlawanan. Setelah waktu siklus yang ditetapkan, fungsi kedua unggun dipertukarkan, memungkinkan pasokan gas oksigen yang terus menerus untuk dipompa melalui pipa. Ini dikenal sebagai adsorpsi ayunan tekanan. Gas oksigen semakin sering diperoleh dengan teknologi non-kriogenik.

Sistem udara bertekanan sudah menjadi kebutuhan utama didunia industri. Udara tekan menjadi unsur utama dalam proses produksi, untuk menjalankan alat-alat pendukung industri dan mesin produksi utama. Sekitar 10% industri yang berbasis pembangkit listrik menggunakan sistem ini karena sistem yang lebih safety dan lebih ramah terhadap alat-alat produksi. Beberapa faktor perlu diperhatikan ketika akan membuat instalasi sistem udara tekan. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah sistem pendistribusian udara, sistem perawatan, kebocoran sistem, ukuran dan tekanan pada kompresor, letak kompresor, kualitas udara di lingkungan sistem, dan masih banyak lagi faktor yang perlu diperhatikan.

2.7 Energi Aktivasi

Di dalam ilmu kimia, energi aktivasi merupakan sebuah istilah yang diperkenalkan oleh Svante Arrhenius, yang didefinisikan sebagai energi yang harus dilampaui agar reaksi kimia dapat terjadi. Energi aktivasi bisa juga diartikan sebagai energi minimum yang dibutuhkan agar reaksi kimia tertentu dapat terjadi. Energi aktivasi sebuah reaksi biasanya dilambangkan sebagai E_a , dengan satuan Kilo Joule per mol (KJ/mol).

Dalam kinetika, suatu reaksi berlangsung melalui beberapa tahap. Diawali dengan tumbukan antar partikel reaktan. Setelah reaktan bertumbukan, maka akan terjadi penyusunan ulang ikatan dalam senyawa reaktan menjadi susunan ikatan yang berbeda (membentuk senyawa produk). Tercapainya suatu keadaan dimana dalam sistem terdapat sejumlah reaktan dan produk. Keadaan ini disebut sebagai transisi kompleks. (Vogel:1994).

Proses untuk mencapai keadaan transisi kompleks membutuhkan energi yang disuplai dari luar sistem. Energi inilah yang disebut dengan energi aktivasi. Pada reaksi endoterm ataupun eksoterm, keduanya memiliki energi aktivasi yang positif, karena keadaan transisi kompleks memiliki tingkat energi yang lebih tinggi dari reaktan.

Untuk mengetahui besarnya energi kinetis atau energi aktivasi yang diperlukan untuk proses oksidasi material. Pada proses oksidasi yang memakai TGA, terdapat hubungan antara berkurangnya masa batubara akibat meningkatnya temperatur. Bila pertambahan masa adalah suatu fungsi dari temperatur pada laju pemanasan konstan (dengan laju pemanasan sebagai parameter), maka dapat diasumsikan bahwa laju oksidasi sesaat (laju kehilangan berat), refleksi dari kehilangan berat, adalah fungsi dari fraksi batubara yang tidak terdekomposisi (Nukman 2008).

Pada tahun 1889 Arhenius mengusulkan sebuah persamaan empirik yang memberikan nilai dasar dari hubungan antara energi aktivasi dengan laju proses reaksi. Persamaan arhenius menggambarkan pengaruh temperatur terhadap konstanta laju reaksi dengan persamaan sebagai berikut:

$$K = A e^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots (2.1)$$

K = Konstanta laju reaksi

A = Faktor frekuensi atau faktor Arrhenius

E_a = Energi aktivasi (J/mol)

R = Konstanta gas (8,314 J/mol K)

T = Temperatur (K)

atau dapat disederhanakan menjadi:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} + \ln A \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

k_2 = Konstanta laju reaksi akhir

k_1 = Konstanta laju reaksi awal

T_1 = Suhu awal

T_2 = Suhu akhir

Persamaan terakhir merupakan persamaan garis lurus X adalah $\frac{1}{T}$ dan sumbu

Y adalah $\ln k$, kemiringan garis sama dengan $(-\frac{E_a}{RT})$. Maka untuk itu energi aktivasi dapat dihitung.

Beberapa faktor yang mempengaruhi energi aktivasi adalah sebagai berikut:

1 Suhu

Fraksi molekul-molekul mampu untuk bereaksi dua kali lipat dengan peningkatan suhu sebesar 10°C . Hal ini menyebabkan laju reaksi berlipat ganda.

2 Faktor Frekuensi

Dalam persamaan ini kurang lebih konstan untuk perubahan suhu yang kecil. Perlu dilihat bagaimana perubahan energi dari fraksi molekul sama atau lebih dari energi aktivasi.

3 Katalis

Katalis akan menyediakan rute agar reaksi berlangsung dengan energi aktivasi yang lebih rendah. (Castellan:1982).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Gambaran umum wilayah penelitian adalah deskripsi umum mengenai wilayah yang digunakan sebagai lokasi penelitian. Data deskripsi wilayah dalam penelitian ini dibahas pada sub-bab berikut di bawah ini:

3.1.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administratif PT. Prolindo Cipta Nusantara berada pada Desa Sebamban Baru, Kecamatan Sungai Loban Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Lokasi IUP PT. Prolindo Cipta Nusantara secara geografis tergambar pada peta provinsi Kalimantan Selatan dan titik-titik koordinat batas IUP dapat dilihat pada Tabel 3.1, dengan luas IUP 350 hektar.

Adapun batas-batas yang terdapat di sekitar wilayah pertambangan PT. Prolindo Cipta Nusantara dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Di sebelah utara berbatasan langsung dengan perkebunan kelapa sawit PT. Minamas;
2. Di sebelah selatan berbatasan langsung wilayah pertambangan PT. Sungai Danau Jaya;
3. Di sebelah timur berbatasan dengan wilayah pertambangan PT. Deky Kreasi;
4. Di sebelah barat berbatasan dengan wilayah pertambangan PT. Hati'if.

Kabupaten Tanah Bumbu merupakan salah satu kabupaten dalam wilayah ministrasi Provinsi Kalimantan Selatan yang memiliki potensi perikanan laut dan wilayah pesisir. Kabupaten ini merupakan kabupaten pemekaran dari Kabupaten Kotabaru. Secara geografis terletak diantara $2^{\circ}52'$ - $115^{\circ}15'$ Lintang Selatan dan $115^{\circ}15'$ - $116^{\circ}04'$ Bujur Timur. Menurut letak geografis, Kabupaten Tanah Bumbu berbatasan dengan Kecamatan Kelumpang Hulu Kabupaten Kotabaru pada sebelah utara, Laut Jawa pada sebelah selatan, Kecamatan Kintap pada sebelah barat dan Kecamatan Pulau Laut Barat Kabupaten Kotabaru pada sebelah timur. Kabupaten yang beribukota di Batulicin ini memiliki 10 Kecamatan yaitu Kecamatan Kusan Hilir, Sungai Loban, Satui, Kusan Hulu, Batulicin, Karang Bintang, Simpang Empat, Mantewe, Kuranji dan Angsana. Lima Kecamatan yang terakhir disebutkan adalah Kecamatan hasil pemekaran pada pertengahan 2005 lalu.

Kecamatan Sungai Loban yang terletak diantara Bujur Timur $115^{\circ}40'41''$ - $5^{\circ}50'53''$ dan Lintang Selatan $003^{\circ}31'32''$ - $003^{\circ}41'12''$, secara geografis sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Kusan Hulu dan Kecamatan Kuranji, sebelah selatan berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Kusan Hilir, sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Angsana.

Desa Sebamban Baru merupakan salah satu desa yang ada di Kecamatan Sungai Loban, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Batas - batas wilayah Desa Sebamban Baru secara administratif meliputi Kecamatan Kusan Hulu pada sebelah utara, Laut Jawa pada sebelah selatan, Desa Trimartani pada sebelah timur dan Kecamatan Angsana pada sebelah barat.

**Tabel 3.1 Batas Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan
PT. Prolindo Cipta Nusantara**

No.	Garis Bujur (BT)			Garis Lintang (LS)		
	0	'	“	0	'	“
1	115	36	54.0	3	36	32.4
2	115	38	7.4	3	36	32.5
3	115	38	7.4	3	37	20.1
4	115	36	44.4	3	37	20.1
5	115	36	44.4	3	36	54.0
6	115	36	54.0	3	36	54.0

Sumber: PT. PCN, 2016

Kesampaian daerah dapat dicapai melalui darat dengan menggunakan kendaraan roda empat yang dapat ditempuh melalui jalan aspal dengan rute sebagai berikut:

PT. Prolindo Cipta Nusantara terletak kurang lebih 220 km arah timur dari Kota Banjarmasin dan 410 km dari Kota Palangka Raya. Dari Kota Palangka Raya ke Banjarmasin melalui jalan darat dengan lama perjalanan ± 4 jam. Dari Kota Banjarmasin melalui jalan darat beraspal menuju Kecamatan Angsana dengan lama perjalanan ± 5 jam. Kemudian dari Kecamatan Angsana, perjalanan dilanjutkan menuju Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT. Prolindo Cipta Nusantara yang berada didaerah Desa Sebamban Baru Kecamatan Sei Loban Kabupaten Tanah Bumbu (seperti pada Lampiran A.1 Peta Kesampaian Daerah).

3.1.2 Keadaan Flora dan Fauna

Jenis vegetasi yang ada didaerah PT. Prolindo Cipta Nusantara hampir seluruhnya merupakan tanaman perkebunan kelapa sawit. Hal ini dikarenakan

wilayah IUP PT. Prolindo Cipta Nusantara termasuk dalam wilayah perkebunan sawit milik PT. Minamas. Jenis tanaman lain yaitu berupa alang-alang, pohon karet, pohon akasia dan lain-lain yang dapat tumbuh dengan subur sesuai dengan keadaan iklim tropis.

Jenis fauna yang sering dijumpai pada wilayah PT. Prolindo Cipta Nusantara berupa biawak, babi hutan, monyet, tupai, ular dan beberapa jenis burung. Sedangkan hewan ternak yang sering dijumpai seperti sapi, kambing dan unggas yang dipelihara oleh penduduk setempat sebagai mata pencaharian tambahan.

3.2 Kondisi Geologi

Adapun kondisi geologi adalah gambaran tatanan geologi yang dijabarkan berdasarkan geologi regional dan geologi daerah penelitian sebagai berikut:

3.2.1 Geologi Regional

Kondisi geologi regional dijabarkan berdasarkan fisiografi dan stratigrafi regional sebagai berikut:

a. Fisiografi

Wilayah penyelidikan umum endapan batubara, secara fisiografi termasuk ke dalam cekungan Asam-asam. Posisi wilayah tersebut terletak di bagian selatan Provinsi Kalimantan Selatan. Cekungan Asam-asam tersebut ditempati oleh batuan sedimen tersier setebal ± 6000 meter. Cekungan ini mengalami gejala tektonik inversion pada miosen akhir-pliosen awal yang mengakibatkan batuan sedimen mulai terlipat. Pada waktu terjadinya transgresi pada cekungan Asam-asam diendapkan dari batuan tua ke muda

dari formasi Berai dan formasi Warukin. Kemudian pada saat terjadinya regresi di endapkan formasi Dahor.

Aktifitas tektonik yang bekerja pada cekungan Asam-asam telah memengaruhi proses pengendapan batuan di cekungan tersebut. Sebagai akibat dari aktifitas tektonik tersebut terjadi pengangkatan pengunungan Meratus, yaitu pada kalamiosen tengah dan kalaplistosen. Sebagai produk pengangkatan tersebut terjadi pensesaran dan perlipatan serta mengaktifkan struktur sesar yang lebih tua. Orientasi sumbu-sumbu perlipatan yang terjadi umumnya mempunyai arah timur laut-barat daya, sedangkan sesar-sesar berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya.

b. Stratigrafi Regional

Berdasarkan peta geologi lembar Kota Baru tahun 1995 berskala 1: 125.000 (Lampiran A.2 Peta Geologi Lembar Kota Baru), stratigrafi untuk lembar kota baru sebagai berikut:

1. Alluvium (Qa)

Alluvium terdiri atas kerakal, kerikil, pasir, lanau, lempung, dan lumpur. Terdapat sebagai endapan sungai, rawa dan pantai.

2. Formasi Dahor (TQd)

Formasi dahor terdiri atas batupasir kuarsa, mudah hancur, setempat bersisipan lempung, lignit, limonit, kerakal kuarsa dan basal. Formasi Dahor terendapkan di lingkungan paralis dan ketebalan satuannya sekitar 750 meter. Di lembar samarinda satuan berumur Pliosien-

Plistosen dengan ciri–ciri litologi serupa disebut Formasi Kampung Baru dan menindih tidak selaras Formasi Warukin.

3. Formasi Warukin (Tmw)

Formasi warukin terdiri atas perselingan batupasir kuarsa dan batulempung, bersisipan serpih, batubara dan batugamping. Batupasir dan batulempung karbonan setempat mengandung konkresi besi. Satuan ini terendapkan pada lingkungan litoral hingga paralis dengan tebal 250–750 meter. Formasi ini mengandung fosil *Miogypsina* sp., *Cycloclypeus* sp., dan *Lepidocyclina cf. sumatrensis* yang berumur Miosen Tengah–Akhir serta menindih selaras Formasi Berai. Lokasi tipe di daerah Kambilin Balikpapan, Kalimantan Timur.

4. Formasi Berai (Tomb)

Formasi berai terdiri atas batugamping bioklastik, setempat berselingan dengan napal dan batupasir, mengandung bintal rijang. Fosil foraminifera yang diidentifikasi seperti *Spiroclypeus* sp., *Discocyclina* sp., *Pelatispira* sp., dan *Nummulites* sp. Menunjukkan umur Oligosen – Miosen Awal dan terendapkan di lingkungan neritic. Tebal satuan antara 500–1500 meter. Formasi Berai menjemari dengan Formasi Pamaluan dan menindih selaras Formasi Tanjung. Lokasi tipenya di Gunung Berai, Kalimantan Selatan.

5. Formasi Pamaluan (Tomp)

Formasi pamaluan terdiri atas perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan batugamping. Batuan ini mengandung fosil

foraminifera *Orbulina universa* (D'ORBIGNY), *Globigerinoides* sp., *Cycloclypeus* sp. Berumur Oligosen – Miosen Awal dan lingkungan pengendapan neritic. Tebal satuan ini antara 500–700 meter. Lokasi tipenya di Desa Pamaluan, Kalimantan Timur.

6. Formasi Tanjung (Tet)

Formasi tanjung terdiri atas perselingan konglomerat, batupasir dan batulempung dengan sisipan serpih, batubara dan batugamping. Bagian bawah terdiri dari konglomerat dan batupasir dengan sisipan batulempung, serpih dan batubara, sedangkan bagian atas terdiri dari batupasir dan batulempung dengan sisipan batugamping. Batugamping mengandung fosil *Discocyclina* sp., *Nummulites* sp. dan *Lepidocyclina* sp. Berumur Eosen dan terendapkan di lingkungan fluviatile di bagian bawah dan beralih ke delta di bagian atas. Tebal satuan diperkirakan 1500 meter. Formasi Tanjung menindih tak selaras Formasi Pitap dan Formasi Haruyan.

7. Formasi Haruyan (Kvh)

Formasi haruyan terdiri atas lava basal, breksi dan tufa. Komponen breksi terdiri atas basal, rijang, batulanau dan greywacke. Formasi Haruyan tebalnya mencapai 1250 meter dan menjemari dengan Formasi Pitap.

8. Formasi Manunggul (Km)

Formasi manunggul terdiri atas konglomerat dan batupasir. Bagian bawah tersusun atas konglomerat dengan komponen basal, batuan

silikaan, batulanau, serpih merah, kuarsa, diabas, gabbro dan batugamping orbitolina. Bagian atas terdiri dari batupasir, setempat berselingan dengan batulempung. Formasi Manunggul dapat dibagi menjadi fasies sedimen dan fasies gunung api. Formasi ini diendapkan di lingkungan laut dangkal dan menjemari dengan Formasi Pitap. Diduga berumur Kapur Atas.

9. Anggota Paau (Kvp)

Anggota Paau terdiri atas basal amygdaloidal, breksi gunung api, tufa kaca, tufa hablur sela dan basal porfiri. Anggota Paau menjemari dengan Formasi Manunggal dan di korelasikan dengan fasies gunung api. Umurnya Kapur Akhir.

10. Formasi Pitap (Ksp)

Formasi pitap terdiri atas perlingan konglomerat, batupasir wacke dan batulanau, bersisipan batugamping, breksi, batulempung konglomerat dan basal. Konglomerat umumnya berlapis baik, komponennya basal, batulempung, *ultramafic*, rijang, batugamping, gabbro dan diabas. Formasi ini diduga berumur Kapur Akhir dan terendapkan di lingkungan laut dangkal. Tebal satuan ini antara 1000-1500 meter. Formasi ini menjemari dengan Formasi Haruyan.

11. Olistolit Kintap (Kok)

Olistolit kintap disusun oleh batugamping padat, berlapis buruk, mengandung fosil *Orbitolina cf. oculata*, *Orbitolina* sp., dan

Orbitolina primitip. Berumur Aptian – Albian dan terendapkan di lingkungan litoral dan laut dangkal.

12. Diorit (Kdi)

Diorit berbutir hipidomorfis, menerobos batuan Ultramafik dan Formasi Pitap. Diduga berumur 91 juta tahun lalu berdasarkan kesamaan dengan batuan diorite di daerah Lembar Banjarmasin.

13. Batuan Ultramafik (Mub)

Batuan ultramafik terdiri atas harzburgit, dunit, serpentin, gabbro, basal dan piroksinit yang telah terserpentin. Juga dijumpai mikrodiorit berupa bodin berukuran 1–2 meter. Batuan ultramafic bersentuhan secara tektonik dengan satuan di sekitarnya.

14. Sekis Garnet Amfibolit (Mm)

Sekis garnet amfibolit bertekstur heteroblastik, bersentuhan secara tektonik dengan ultramafic dan mungkin berumur Jura.

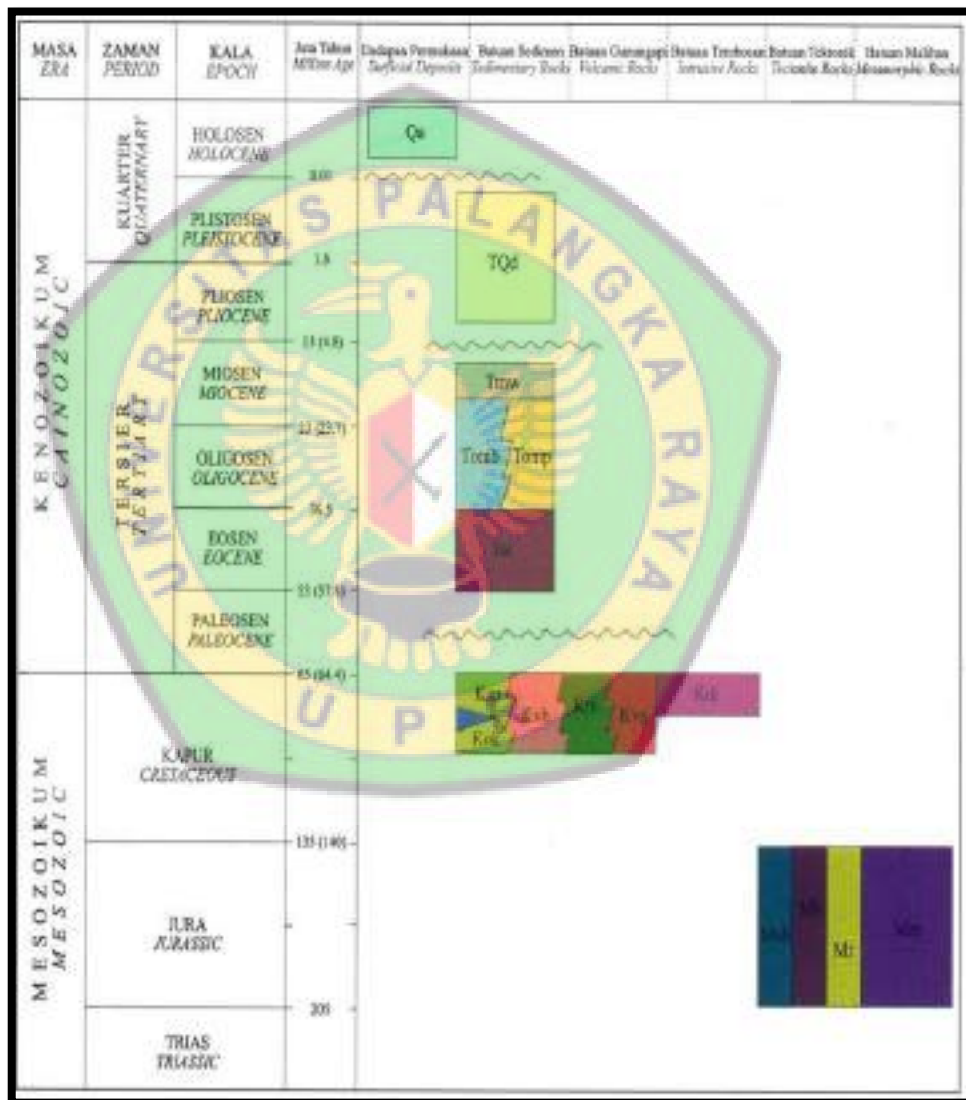
15. Batupasir Terkersikkan Dan Rijang Radiolaria (Mr)

Batu pasir terkarsikkan dan rijang radiolaria batupasir terkarsikkan berwarna putih kemerahan, berbutir halus dan padu, dengan sisipan rijang radiolarian. Satuan ini bersentuhan sesar dengan batuan ultramafic dan Formasi Pitap serta tertindih tak selaras oleh Formasi Tanjung. Umurnya di duga Jura.

16. Batuan Bancuh (Mb)

Batuan bancuh satuan ini tersusun atas greywacke, rijang radiolarian, diabas dan basal. Bersentuhan sesar dengan batuan disekitarnya. Umurnya di duga Jura.

Stratigrafi kota baru dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Sumber : PT. PCN, 2016

Gambar 3.1 Stratigrafi Kota Baru

3.2.2 Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan peta geologi daerah penelitian (Lampiran A.3 Peta Geologi Daerah Penelitian). Kondisi geologi daerah penelitian dijabarkan berdasarkan morfologi, litologi dan struktur geologi sebagai berikut:

a. Morfologi Daerah Penelitian

Keadaan morfologi daerah penelitian pada umumnya didominasi oleh daerah perbukitan bergelombang sedang dan dataran. Daerah yang berupa rangkaian beberapa kelompok perbukitan menempati kurang lebih 25% dari sekitar wilayah pertambangan dan sisanya 75% merupakan dataran landai. Secara keseluruhan daerah penambang terletak pada elevasi antara 25 meter hingga 35 meter, dimana daerah penelitian banyak terdapat sungai-sungai kecil yang terhubung pada sungai besar yaitu Sei Loban.

b. Litologi Daerah Penelitian

Berdasarkan peta dasar yaitu peta Geologi lembar Kota Baru, Kalimantan. Batuan penyusun wilayah penelitian terdiri dari satu korelasi satuan stratigrafi, yaitu formasi dahor yang terdiri atas batupasir kuarsa, mudah hancur, setempat bersisipan lempung, lignit, limonit, kerakal kuarsa dan basal. Formasi Dahor terendapkan di lingkungan paralis dan ketebalan satuannya sekitar 750 meter. Di lembar samarinda satuan berumur Pliosen – Plistosen dengan ciri – ciri litologi serupa disebut Formasi Kampung Baru dan menindih tidak selaras Formasi Warukin. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.3 Peta Geologi Daerah Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas pengujian laboratorium dan pengolahan data sebagai berikut:

3.3.1 Alat dan Bahan Pengujian Laboratorium

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian laboratorium adalah sebagai berikut:

1. TGA (*Thermo Gravimetric Analyzer*);
2. Komputer;
3. Sampel batubara PCN 1 dengan ukuran 60 *mesh*;
4. Sampel batubara PCN 2 dengan ukuran 60 *mesh*;
5. Tabung gas.

3.3.2 Alat dan Bahan Pengolahan Data

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Alat tulis;
2. Buku catatan;
3. Laptop.

3.4 Tata Laksana Penelitian

Tata laksana penelitian ini adalah bahasan tentang langkah kerja dan metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini. Adapun penjelasannya seperti berikut di bawah ini:

3.4.1 Langkah Kerja

Adapun tahapan langkah kerja pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tahap Persiapan

Studi literatur dilakukan sebelum dan selama tahap-tahap pengambilan data dan penyusunan skripsi, Pada tahap ini dilakukan pengumpulan sumber-sumber informasi yang berkaitan dengan skripsi yaitu tentang batubara, pembakaran batubara, pengujian laboratorium menggunakan alat TGA dan berbagai referensi atau literatur yang mendukung lainnya.

b. Tahap Pengumpulan Data

Data yang diperlukan mencakup data primer dan sekunder. Pengambilan data primer dilakukan pada bulan september – oktober 2020, dengan mendapatkan sampel batubara PT. Prolindo Cipta Nusantara dengan bantuan karyawan perusahaan yang ahli dibidangnya (Gambar 3.2). Kemudian sampel batubara tersebut dikirimkan ke Puslitbang tekMIRA Bandung untuk dilakukan pengujian TGA. Data yang dikumpulkan, yaitu cara penggunaan alat TGA berupa *Standard Operating Procedure* (SOP) TGA dan cara mengoperasikan alat TGA dan karakteristik pembakaran batubara berupa massa batubara, temperatur dan waktu. Sedangkan data sekunder didapatkan langsung dari pihak perusahaan meliputi laporan analisis kualitas batubara, peta geologi regional dan stratigrafi daerah penelitian.



Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Batubara

c. Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data bertujuan untuk mengetahui penggunaan alat TGA, perubahan massa batubara dan karakteristik pembakaran batubara. Berikut adalah tahapnya:

1. Menjelaskan mengenai cara penggunaan alat TGA

Penulis menjelaskan mengenai cara penggunaan alat TGA dengan data yang didapatkan dari laboratorium, yaitu *Standard Operating Procedure* (SOP) TGA dan cara mengoperasikan alat TGA. Sehingga dari data yang didapat, dapat diketahui pengujian menggunakan alat TGA.

2. Menganalisis hasil dari pembakaran batubara

Penulis menganalisis langsung hasil pembakaran batubara yang berupa grafik analisis TGA/DTA, sehingga dari grafik tersebut didapatkan hasil perubahan temperatur dan waktu pada massa batubara. Kemudian dari data tersebut, dapat diperoleh karakteristik pembakaran batubara tersebut.

3. Penarikan kesimpulan dan saran

Kesimpulan diperoleh dari hasil pengamatan dan analisis data, kemudian dihasilkan suatu informasi yang bermanfaat bagi perusahaan berupa simulasi.

4. Presentasi

Melakukan presentasi terkait laporan yang telah dibuat, presentasi dilakukan di Universitas.

3.4.2 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki atau dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data dan mengolah data yang telah didapat dari penelitian. Berikut beberapa metode yang digunakan dalam penelitian Skripsi ini sebagai berikut:

a. Penelitian Kepustakaan

Peneliti melakukan studi pustaka dengan cara mencari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian, yaitu tentang batubara, pembakaran batubara dan lain-lain serta dapat berupa data dokumen yang berasal dari pihak PT. Prolindo Cipta Nusantara maupun data pendukung lainnya.

b. Kuantitatif

Peneliti menggunakan metode kuantitatif, dimana dalam metode kuantitatif ini peneliti akan menganalisis grafik TGA/DTA yaitu hasil dari pengujian laboratorium. Metode kuantitatif ini digunakan untuk mendapatkan karakteristik pembakaran batubara dengan mengamati perubahan temperatur dan waktu pada massa batubara.

c. Deskriptif

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan Kuantitatif untuk mengetahui karakteristik pembakaran batubara yaitu perubahan temperatur dan waktu pada massa batubara.

3.5 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Skripsi

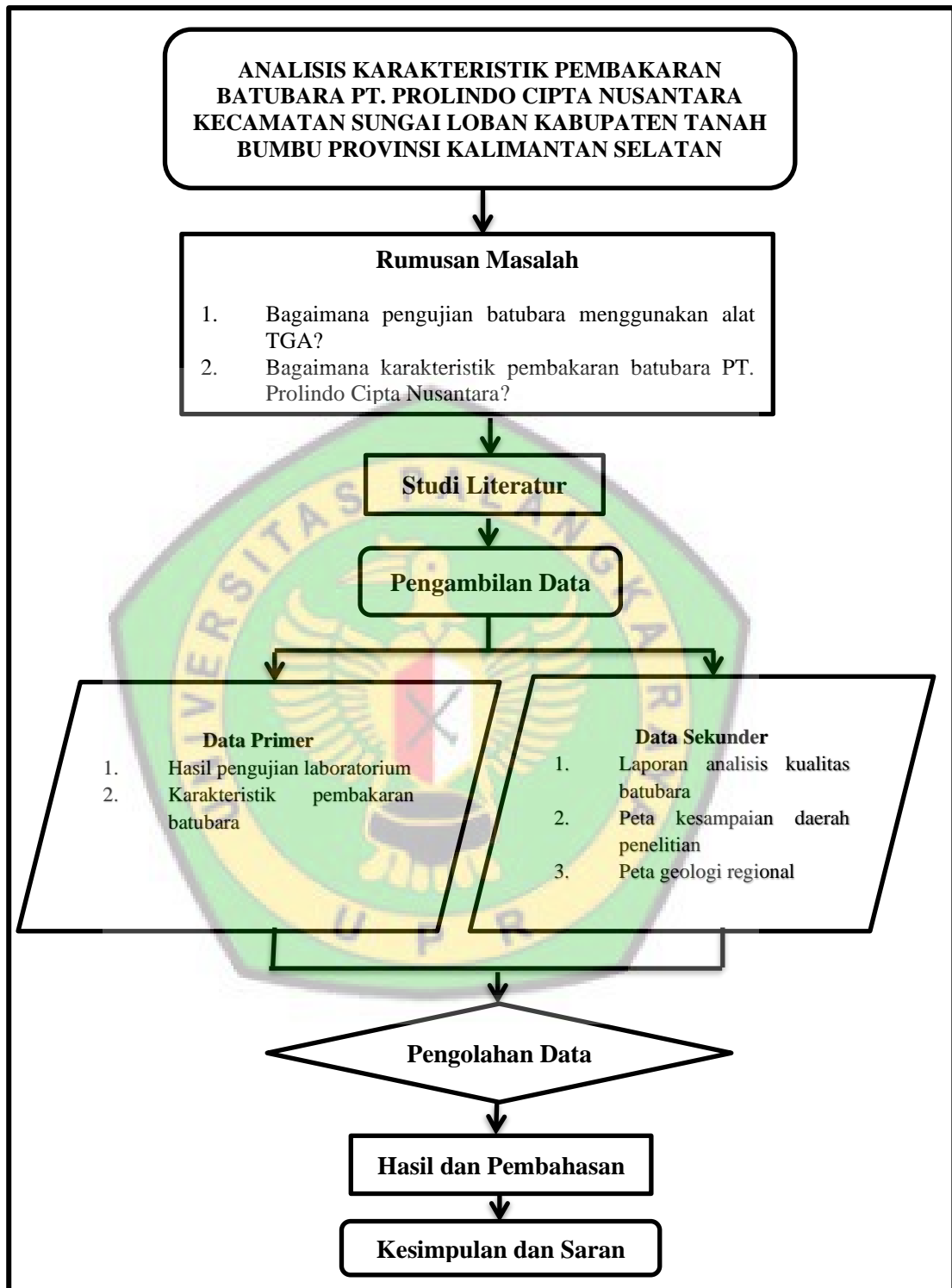
Sistematika penelitian skripsi ini dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini (Gambar 3.3 halaman 42). Dimana penelitian ini didasari oleh latar belakang yang telah disusun dan dilanjut dengan perumusan masalah, pengelompokan data, pengolahan data, hingga penarikan kesimpulan dan saran.

3.6 Diagram Alir Pemikiran Penelitian Skripsi

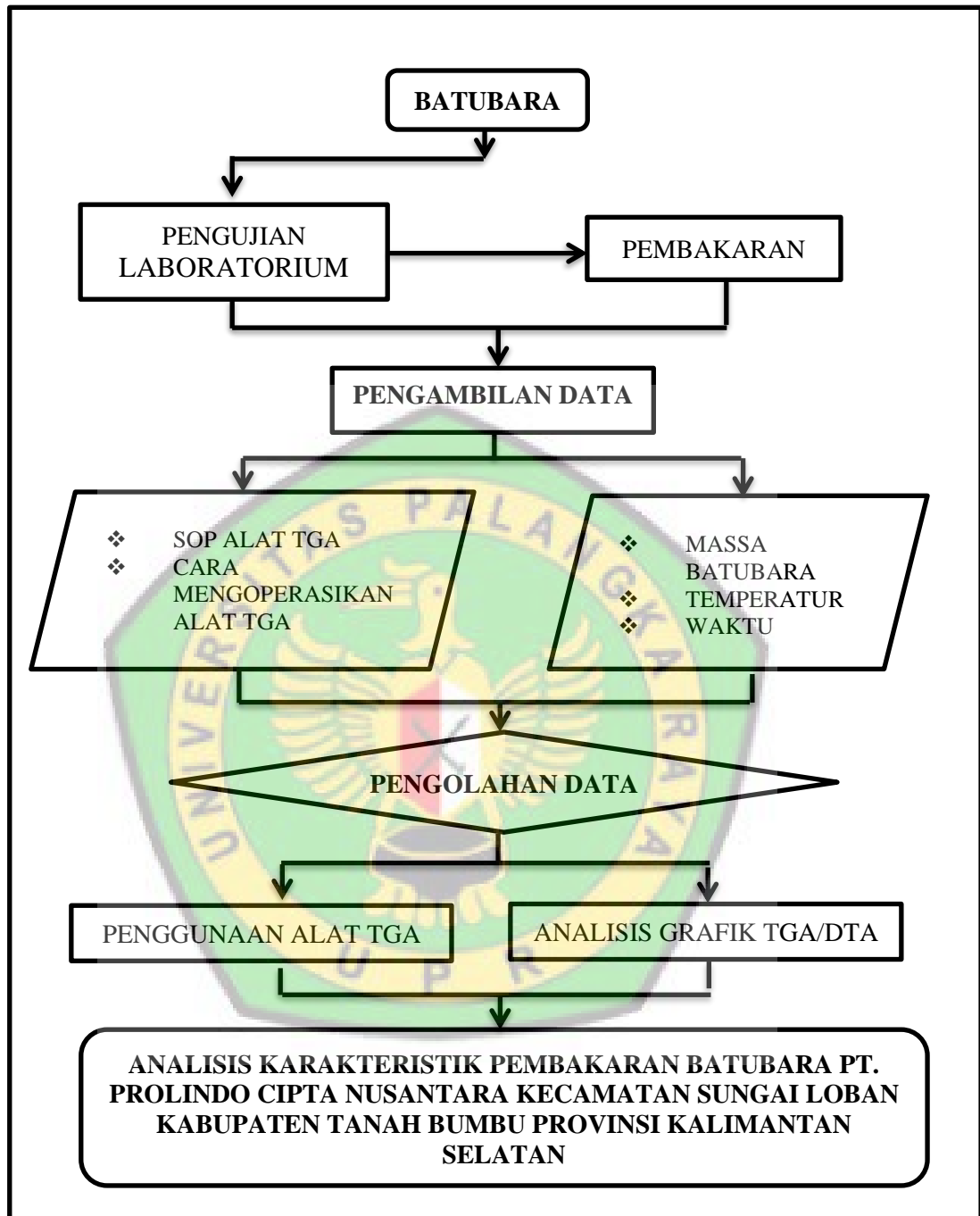
Diagram alir pemikiran penelitian Skripsi ini didasari karena adanya sampel batubara yang dilakukan pengujian di laboratorium dan dari hasilnya didapatkan karakteristik pembakaran batubara PT. Prolindo Cipta Nusantara, dapat dilihat pada gambar 3.4 diagram alir pemikiran skripsi halaman 43.

3.7 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan kegiatan penelitian skripsi ini adalah selama 4 bulan yaitu pada bulan September 2020 sampai dengan bulan Desember 2020, dengan rincian kegiatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2 jadwal pelaksanaan penelitian skripsi halaman 44.



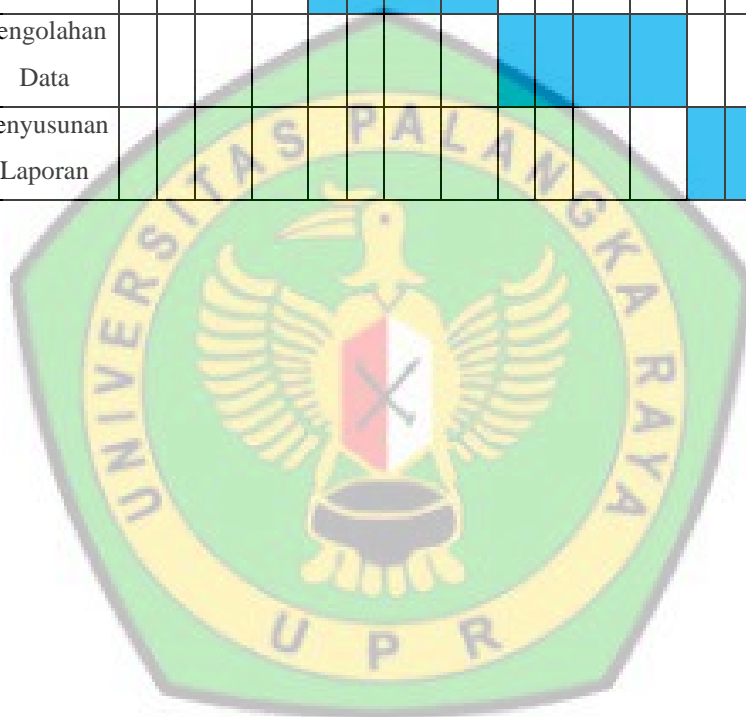
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Pemikiran

Tabel 3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian Skripsi

Kegiatan	SEPTEMBER				OKTOBER				NOVEMBER				DESEMBER			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Persiapan	■	■														
Studi Literatur		■	■	■												
Pengambilan Data					■	■	■	■								
Pengolahan Data									■	■	■	■				
Penyusunan Laporan													■	■	■	■



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Adapun hasil yang didapat dari penelitian ini akan dijelaskan pada sub-bab di bawah ini :

4.1.1 Pembakaran Batubara Menggunakan Alat TGA

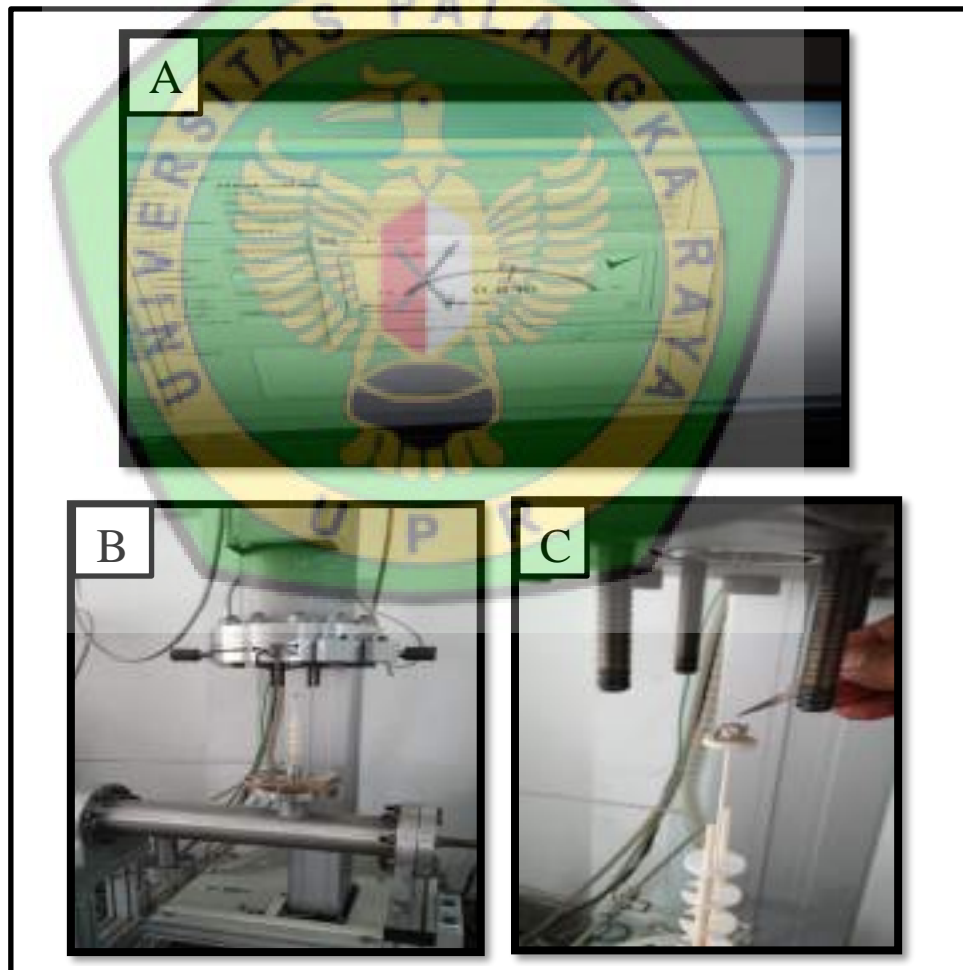
Pembakaran batubara menggunakan alat TGA HP1 100 Bar (seperti pada gambar 4.1) di Laboratorium tekMIRA Bandung. Tahapan penggunaan alat TGA yang pertama yaitu menyalakan alat TGA (seperti pada gambar 4.2), kemudian tahapan yang kedua yaitu mengoperasikan program TGA dengan temperatur 45°C-1000°C (seperti pada gambar 4.3) dan mengoperasikan TGA dengan mengalirkan gas (tanpa tekanan) seperti pada gambar 4.4, kemudian tahapan yang ketiga yaitu pengolahan data sampel (seperti pada gambar 4.5) yang selanjutnya diexport data ke excel dan memindahkan data ke PC sehingga akhirnya didapatkan hasil analisis TGA/DTA (seperti pada gambar 4.6), dan tahapan terakhir yaitu mematikan program TGA, komputer, printer dan menutup semua tabung gas.



Gambar 4.1 Alat TGA



Gambar 4.2 Menyalakan Alat TGA



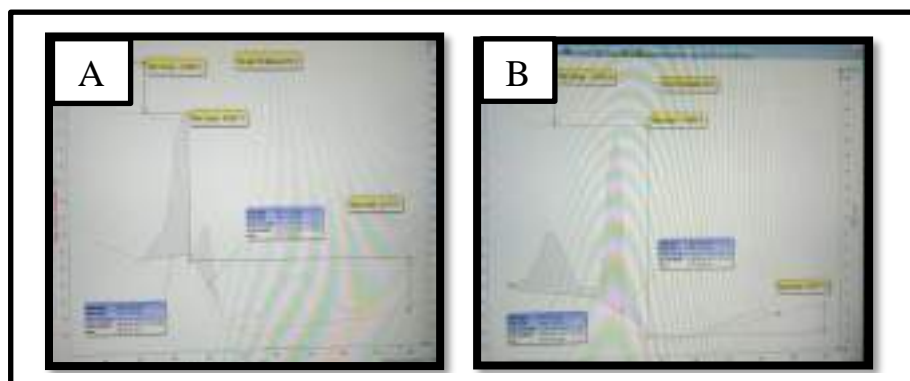
Gambar 4.3 A. Mengoperasikan Program TGA
B. Hidrolik Sampel
C. Memasukkan Sampel Batubara Ke Hidrolik Sampel



Gambar 4.4 Mengalirkan gas



Gambar 4.5 Pengolahan Data



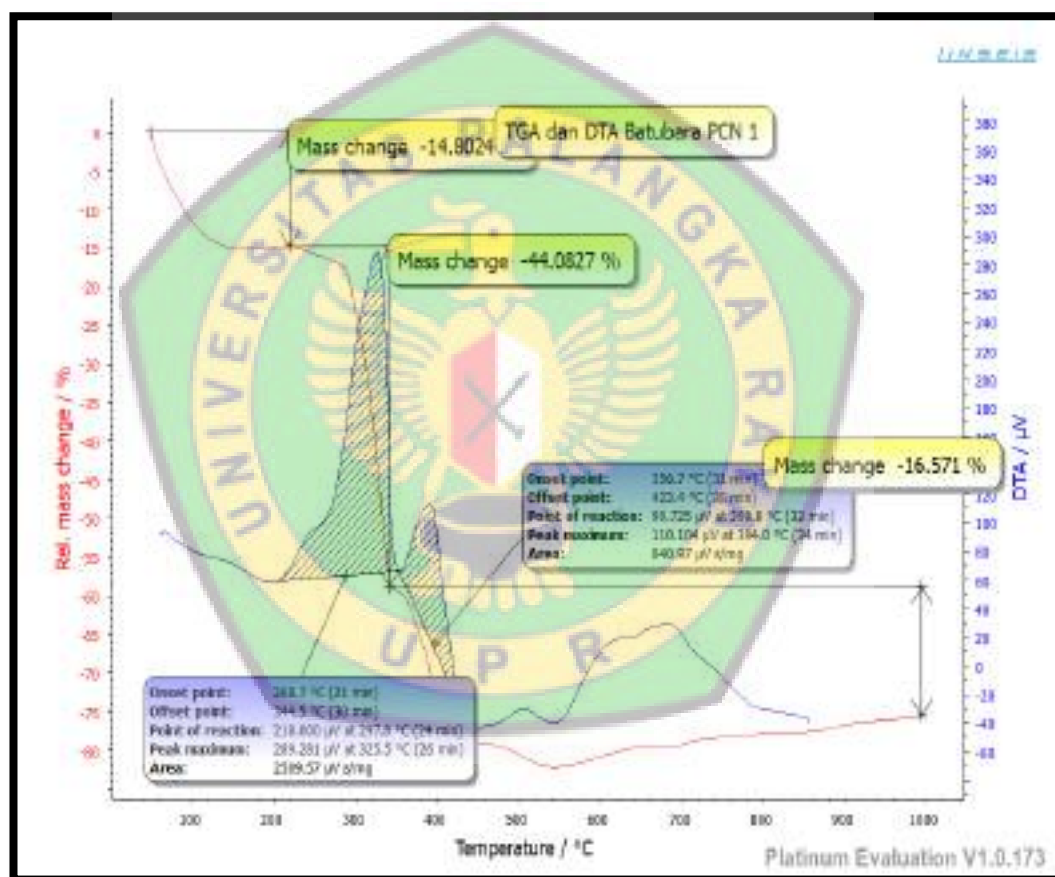
Gambar 4.6 A. Analisis TGA/DTA Batubara PCN 1
B. Analisis TGA/DTA Batubara PCN 2

4.1.2 Karakteristik Pembakaran Batubara

Adapun hasil yang diperoleh dari pembakaran batubara menggunakan alat TGA adalah sebagai berikut:

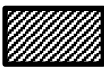
4.1.2.1 Hasil Pembakaran Sampel Batubara PCN 1

Berikut dibawah ini gambar grafik hasil dari pembakaran sampel batubara PCN 1 menggunakan analisis TGA dan DTA.



Gambar 4.7 Grafik TGA/DTA Batubara PCN 1

Keterangan:

- DTA untuk menunjukkan titik puncak reaksi pembakaran batubara
- Perubahan massa batubara (%) selama proses pembakaran
-  Daerah titik puncak reaksi pembakaran batubara

Pada tabel 4.1 dibawah ini menunjukkan hasil analisa TGA yaitu persentase massa batubara yang hilang terhadap temperatur yang diakibatkan oleh pembakaran.

Tabel 4.1 Perubahan Massa Batubara PCN 1

Zona	Temperatur	Waktu	Perubahan Massa
1	48,6°C-221°C	16 menit	-14,8024%
2	221°C-326,9°C	26 menit	-44,0827%
3	326,9°C-1000°C	76 menit	-16,571%

Pada tabel 4.2 dibawah ini menunjukkan hasil analisa DTA yaitu karakteristik pembakaran dari sampel batubara PCN 1 yang dilakukan pengujian laboratorium.

Tabel 4.2 Hasil Uji DTA Batubara PCN 1

Titik Puncak Reaksi	Titik Awal	Titik Offset	Titik Reaksi	Puncak Maksimum	Entalpi
1	268,7°C (21 Menit)	344,5°C (30 Menit)	218,000 μ V di 297,8°C (24 Menit)	289,281 μ V di 325,5°C (26 Menit)	2509,57 μ V s/mg
2	356,7°C (31 Menit)	423,4°C (38 Menit)	90,725 μ V di 369,8°C (32 Menit)	110,104 μ V di 394,0°C (34 Menit)	640,97 μ V s/mg

Pada tabel 4.3 dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan energi aktivasi pada zona 2 pembakaran batubara PCN 1.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Energi Aktivasi

No	T ₁ (K)	T ₂ (K)	T _{rata-rata} (K)	1/T _{rata-rata} (K)	Waktu (s)	$\frac{1}{t}$	$\ln \frac{1}{t} = \ln K$
1	482,45	494,15	488,3	0,002048	996	0,001004	-6,90375
2	494,15	505,25	499,7	0,002001	1056	0,000947	-6,96224
3	505,25	515,95	510,6	0,001958	1116	0,000896	-7,01751
4	515,95	526,25	521,1	0,001919	1176	0,00085	-7,06987
5	526,25	536,25	531,25	0,001882	1236	0,000809	-7,11964
6	536,25	546,15	541,2	0,001848	1296	0,000772	-7,16704
7	546,15	556,15	551,15	0,001814	1356	0,000737	-7,21229
8	556,15	566,45	561,3	0,001782	1416	0,000706	-7,25559
9	566,45	580,85	573,65	0,001743	1476	0,000678	-7,29709
10	580,85	595,45	588,15	0,0017	1536	0,000651	-7,33694
11	595,45	603,75	599,6	0,001668	1596	0,000627	-7,37526

Keterangan:

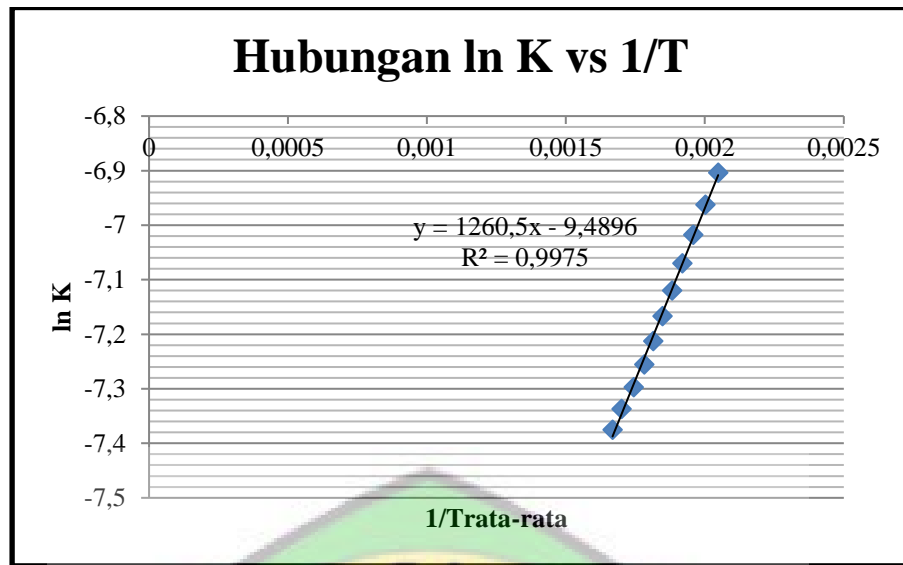
T₁ = Temperatur awal (Kelvin)

T₂ = Temperatur akhir (Kelvin)

T_{rata-rata} = Temperatur rata-rata (Kelvin)

t = Waktu (Second)

Dari tabel 4.3 diatas, maka didapatkan grafik hubungan $\ln K$ vs $1/T$ yang kemudian digunakan fungsi *trendline* untuk mendapatkan gradien untuk mengetahui besaran energi aktivasi pembakaran batubara PCN 1 seperti dibawah ini:



Gambar 4.8 Grafik Hubungan ln K vs 1/T

Dari grafik 4.8 didapatkan gradien = 1260,5 dan $R^2 = 0,9975$. Dan dari nilai gradien tersebut, maka energi aktivasi batubara PCN 1 dapat dihitung:

$$-\frac{E_a}{RT} = 1260,5 \rightarrow E_a = 1260,5 \times 8,314$$

$$= 10479,8 \text{ kJ/mol}$$

Dikonversi ke Btu/lb untuk dianalisis peringkat batubara :

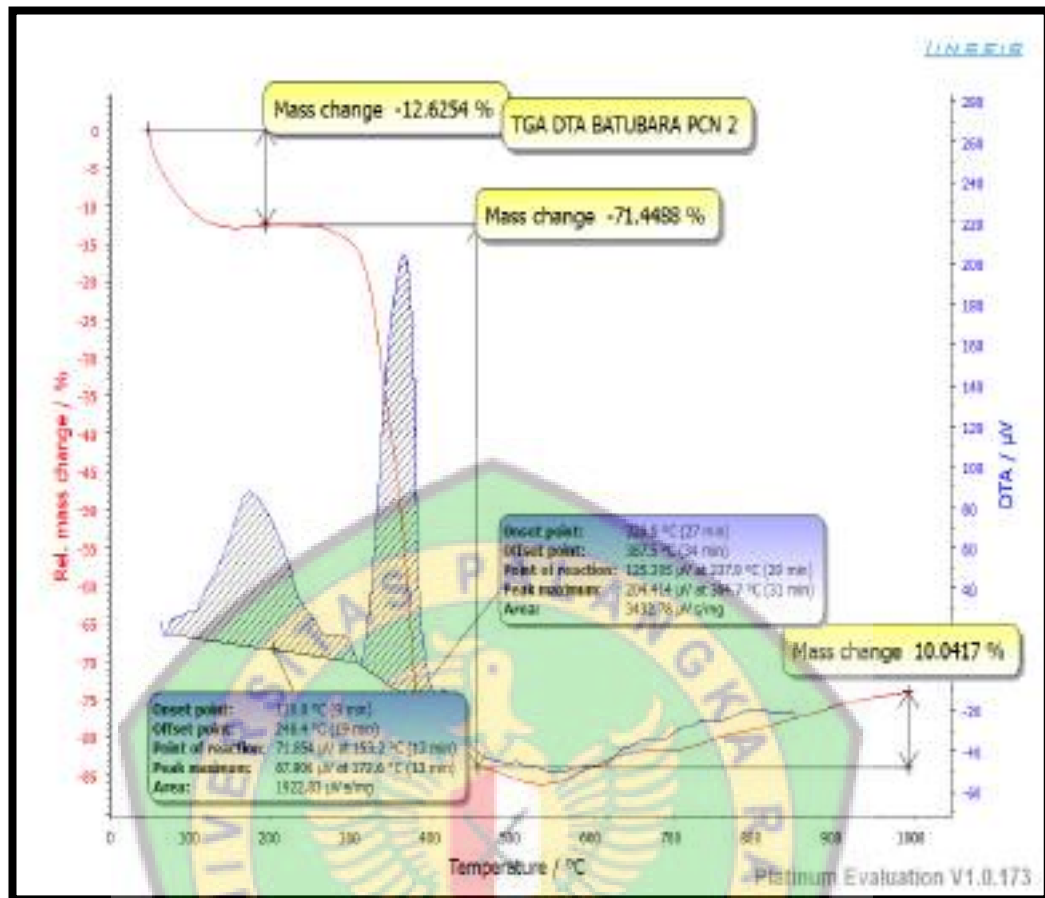
$$= 10479,8 \text{ kJ/mol} \times 0,94781712$$

$$= 9932,9338821 \text{ Btu/lb}$$

$$\approx 9932,9 \text{ Btu/lb}$$

4.1.2.2 Hasil Pembakaran Sampel Batubara PCN 2

Berikut dibawah ini gambar grafik hasil dari pembakaran sampel batubara PCN 2 menggunakan analisis TGA dan DTA.



Gambar 4.9 Grafik TGA/DTA Batubara PCN 2

Pada tabel 4.4 dibawah ini menunjukkan hasil analisa TGA yaitu persentase massa batubara yang hilang terhadap temperatur yang diakibatkan oleh pembakaran.

Tabel 4.4 Perubahan Massa Batubara PCN 2

Zona	Temperatur	Waktu	Perubahan Massa
1	46,1°C-240,5°C	18 menit	-12,6254%
2	240,5°C-376,6°C	32 menit	-71,4488%
3	376,6°C-1000°C	76 menit	10,0417%

Pada tabel 4.5 dibawah ini menunjukkan hasil analisa DTA yaitu karakteristik pembakaran dari sampel batubara PCN 2 yang dilakukan pengujian laboratorium.

Tabel 4.5 Hasil Uji DTA Batubara PCN 2

Titik Puncak Reaksi	Titik Awal	Titik Offset	Titik Reaksi	Puncak Maksimum	Entalpi
1	110,0°C (9 Menit)	248,4°C (19 Menit)	71,854 μ V di 153,2°C (12 Menit)	87,906 μ V di 172,6°C (13 Menit)	1922,83 μ V s/mg
2	320,9°C (27 Menit)	387,5°C (34 Menit)	125,305 μ V di 337,9°C (29 Menit)	204,414 μ V di 364,7°C (31 Menit)	3432,78 μ V s/mg

Keterangan :

- Tahap 1 temperatur : 100-300°C
- Tahap 2 temperatur : 300-400°C

Pada tabel 4.6 dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan energi aktivasi pada zona 2 pembakaran batubara PCN 2.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Energi Aktivasi

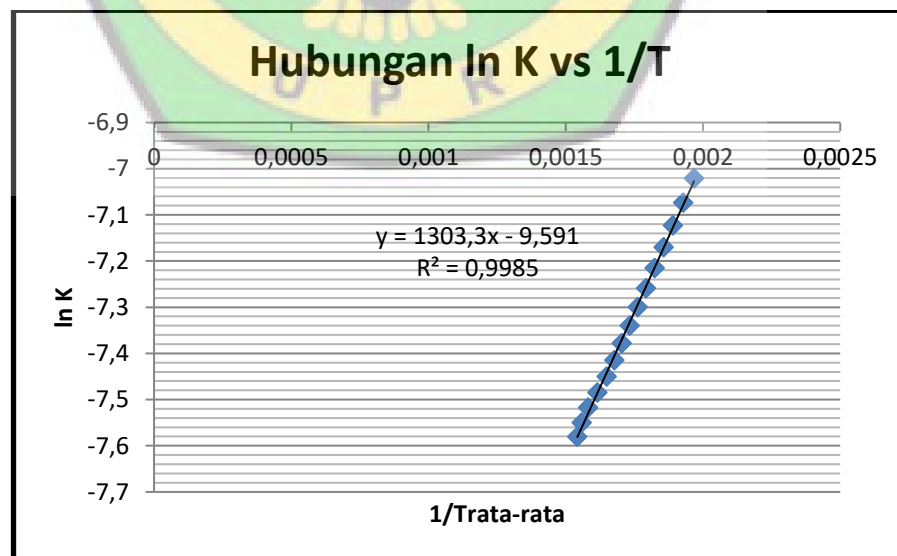
No.	T ₁ (K)	T ₂ (K)	T _{rata-rata} (K)	1/T _{rata-rata} (K)	Waktu (s)	$\frac{1}{t}$	$\ln \frac{1}{t} = \ln K$
1	502,95	513,65	508,3	0,001967	1120	0,000893	-7,02108
2	513,65	523,85	518,75	0,001928	1180	0,000847	-7,07327
3	523,85	533,75	528,8	0,001891	1240	0,000806	-7,12287
4	533,75	543,45	538,6	0,001857	1300	0,000769	-7,17012

Bersambung.....

Lanjutan Tabel 4.6

5	543,45	553,15	548,3	0,001824	1360	0,000735	-7,21524
6	553,15	562,75	557,95	0,001792	1420	0,000704	-7,25841
7	562,75	572,25	567,5	0,001762	1480	0,000676	-7,2998
8	572,25	581,95	577,1	0,001733	1540	0,000649	-7,33954
9	581,95	591,55	586,75	0,001704	1600	0,000625	-7,37776
10	591,55	601,25	596,4	0,001677	1660	0,000602	-7,41457
11	601,25	611,35	606,3	0,001649	1720	0,000581	-7,45008
12	611,35	626,65	619	0,001616	1780	0,000562	-7,48437
13	626,65	638,25	632,45	0,001581	1840	0,000543	-7,51752
14	638,25	645,75	642	0,001558	1900	0,000526	-7,54961
15	645,75	651,05	648,4	0,001542	1960	0,00051	-7,5807

Dari tabel 4.6 diatas, maka didapatkan grafik hubungan $\ln K$ vs $1/T$ yang kemudian digunakan fungsi *trendline* untuk mendapatkan gradien untuk mengetahui besaran energi aktivasi pembakaran batubara PCN 2 seperti dibawah ini :

Gambar 4.10 Grafik Hubungan $\ln K$ vs $1/T$

Dari grafik 4.10 didapatkan gradien = 1303,3 dan $R^2 = 0,9985$. Dan dari nilai gradien tersebut, maka energi aktivasi batubara PCN 2 dapat dihitung :

$$-\frac{E_a}{RT} = 1303,3 \rightarrow E_a = 1303,3 \times 8,314$$

$$= 10835,6 \text{ kJ/mol}$$

Dikonversi ke Btu/lb untuk dianalisis peringkat batubara :

$$= 10835,6 \text{ kJ/mol} \times 0,94781712$$

$$= 10270,167214 \text{ Btu/lb}$$

$$\approx 10270,2 \text{ Btu/lb}$$

4.2 Pembahasan

Pada kesempatan ini peneliti membahas hasil dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu pembakaran batubara menggunakan alat TGA dan analisis karakteristik hasil pembakaran batubara tersebut.

4.2.1 Pembakaran Batubara Menggunakan Alat TGA

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, karakteristik pembakaran batubara diperoleh dengan cara melakukan percobaan menggunakan *Thermo Gravimetric Analysis* (TGA) dengan melakukan pemanasan bertahap pada suatu sampel batubara sambil dimonitor perubahan massa yang terjadi sehingga didapatkan temperatur dan waktu pemanasan.

Penelitian ini menggunakan sampel batubara yang sudah melalui proses preparasi terlebih dahulu yaitu menjadi 60 *mesh*, pemanasan dilakukan dari temperatur 45°C sampai 1000°C yaitu pada temperatur 45°C-200°C dan dengan kecepatan kenaikan temperatur sebesar 10°C/min dan dalam pembakaran memerlukan 3 gas yaitu nitrogen (N_2) digunakan sebagai *carrier* (atmosfer) di

dalam oven elektrik dari awal percobaan sampai temperatur 200°C agar tidak terjadi oksidasi, oksigen (O₂) digunakan untuk pemanasan di atas temperatur 200°C untuk memfasilitasi terjadinya oksidasi, dan terakhir udara tekan.

Adapun tahapan awal dari penggunaan alat TGA HP1 100 bar yaitu menyalakan alat TGA dengan memastikan semua gas telah terpasang dengan benar, kemudian menyalakan UPS, *water unit* dan *water chiller*, *power suplay* dan selanjutnya menyalakan komputer dan printer.

Kemudian tahapan kedua yaitu mengoperasikan program TGA dengan cara mengklik *acquisition*, selanjutnya keluar *platinum acquisition* dan mengisi *specimen holder*: *HDSC types* (jika ingin *run* sampel), *zero curve* (jika ingin menzerokan untuk kalibrasi) dan *calibration* (jika ingin kalibrasi sampel) dan mengisi nama sampel “BATUBARA PCN 1” dan “BATUBARA PCN 2”, selanjutnya mengisi *weight* sampel yaitu 60 *mesh* dan pastikan hidrolik sampel dalam keadaan tertutup, selanjutnya membuka hidrolik sampel dan memasukkan sampel batubara tersebut, selanjutnya ke temperatur *profile* untuk *setting* temperatur agar sesuai dan selanjutnya mengaktifkan temperaturnya dengan cara mengklik tombol hijau. Pemanasan dilakukan dari temperatur 45°C sampai 1000°C yaitu pada temperatur 45°C-200°C, batubara mengalami pelepasan air (H₂O), karbon dioksida (CO₂) dan metana (CH₄). Temperatur 200°C-400°C, batubara mengalami pelepasan air (H₂O), karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Temperatur 350°C-450°C, terjadinya pembentukan gas dan minyak. Temperatur >500°C, struktur kokas mulai berkembang. Temperatur

700°C-800°C, devolatisasi berlanjut dan hidrogen berlimpah. Dan temperatur >1000°, menjadi batubara kokas.

Kemudian mengalirkan gas (tanpa tekanan) dengan cara mengaktifkan gasbox dan selanjutnya membuka tabung gas. Dan sampel batubara tersebut dalam proses analisis.

Kemudian tahapan ketiga yaitu pengolahan data sampel yang selanjutnya diexport data ke excel dan selanjutnya data di pindahkan ke PC. Dan tahapan terakhir setelah proses analisis sampel batubara selesai yaitu mematikan program TGA, komputer dan printer, dan menutup semua tabung gas.

4.2.2 Analisis Karakteristik Pembakaran Batubara

Karakteristik pembakaran dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut *Thermo Gravimetric Analysis* (TGA). Peranan penting karakteristik termal dapat menunjukkan sifat suatu sampel, proses termal tersebut meliputi proses perubahan fase, pelunakan, pelelehan, dekomposisi dan oksidasi. Analisis karakteristik pembakaran batubara dengan menggunakan alat TGA dilakukan pada dua sampel batubara yang sama, yaitu sampel PCN 1 dan PCN 2.

4.2.2.1 Karakteristik Pembakaran Batubara PCN 1

Hasil analisis karakteristik pembakaran batubara PCN 1 menggunakan alat TGA menghasilkan grafik TGA/DTA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7. Dari grafik tersebut karakteristik pembakaran batubara dapat dianalisis dalam TGA dan DTA.

Berdasarkan karakteristik pembakaran dengan analisis TGA/DTA, karakteristik pembakaran terbagi menjadi beberapa zona yaitu zona 1, zona 2 dan

zona 3 (Tabel 4.1). Zona 1 merupakan proses adsorpsi pelepasan air (H_2O), karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4) sehingga mengakibatkan penurunan massa -14,8024% dengan temperatur 48,6°C-221°C selama 16 menit waktu pembakaran.

Zona 2 terjadi dekomposisi termal yaitu senyawa air (H_2O), karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO_2) yang terjadi penurunan massa -44,0827% dengan temperatur 221°C–326,9°C selama 26 menit waktu pembakaran dan di zona 2 ini terdapat titik puncak reaksi yang pertama terjadi dengan entalpi 2509,57 μV s/mg, titik awal pemanasan terjadi pada temperatur 268,7°C (21 menit), mulai bereaksi dengan entalpi 218,000 μV pada temperatur 297,8°C (24 menit) dan puncak maksimum dengan entalpi 289,281 μV pada temperatur 325,5°C (26 menit) dan titik akhir pemanasan pada temperatur 344,5°C (30 menit) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Zona 3 terjadi pembentukan gas dan minyak yang terjadi penurunan massa -16,571% dengan temperatur 326,9°C-1000°C selama 76 menit waktu pembakaran dan di zona 3 ini terdapat titik puncak reaksi yang kedua dengan entalpi 640,97 μV s/mg, titik awal pemanasan terjadi pada temperatur 356,7°C (31 menit), mulai bereaksi dengan entalpi 90,725 μV pada temperatur 369,8°C (32 menit) dan puncak maksimum dengan entalpi 110,104 μV pada temperatur 394,0°C (34 menit) dan titik akhir pemanasan pada temperatur 423,4°C (38 menit) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Dari karakteristik pembakaran TGA/DTA tersebut, dapat diketahui dari zona 2 didapatkan energi aktivasi pembakaran batubara PCN 1 yaitu pada

temperatur 221°C–326,9°C, dilakukan perhitungan energi aktivasi di zona ini karena zona ini yang paling banyak perubahan massa batubaranya. Kemudian dari data temperatur dan waktu didapatkan perhitungan energi aktivasi yang dapat dilihat hasil perhitungan pada tabel 4.3.

Dan dari tabel 4.3 didapatkan hubungan antara $\ln K$ vs $1/T$ yang dapat dilihat pada grafik 4.8. Dari grafik tersebut, maka dapat diketahui bahwa energi aktivasi pembakaran batubara PCN 1 dengan alat TGA adalah sebesar 10479,8 kJ/mol. Dan dari energi aktivasi tersebut, dapat ditentukan derajat atau tingkatan batubara dengan mengkonversi ke Btu/lb yaitu 9932,9 Btu/lb. Maka dari energi aktivasi batubara tersebut, batubara PCN 1 termasuk dalam tingkatan batubara sub-bituminus B.

Dari grafik tersebut juga didapatkan $R^2 = 0,9975$ yaitu tingkat kepercayaan dengan skala 0 sampai 1 yang digunakan untuk mendapatkan batasan kurva yang paling baik dan karena nilainya 0,9975 mendekati angka 1 maka dapat dikategorikan sebagai batasan kurva yang paling baik dan perhitungan energi aktivasinya benar.

Batubara PCN 1 termasuk dalam batubara sub-bituminus maka pemanfaatannya untuk pembangkit listrik, produksi semen dan penggunaan untuk industri.

4.2.2.2 Karakteristik Pembakaran Batubara PCN 2

Hasil analisis karakteristik pembakaran batubara PCN 2 menggunakan alat TGA menghasilkan grafik TGA/DTA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Karakteristik pembakaran batubara dapat dianalisis dalam TGA dan DTA.

Berdasarkan karakteristik pembakaran dengan analisis TGA/DTA, karakteristik pembakaran terbagi menjadi beberapa zona yaitu zona 1, zona 2 dan zona 3 (Tabel 4.4). Zona 1 merupakan proses adsorpsi pelepasan air (H_2O), karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4) sehingga mengakibatkan penurunan massa -12,6254% dengan temperatur 46,1°C-240,5°C selama 18 menit waktu pembakaran.

Zona 2 terjadi dekomposisi termal yaitu senyawa air (H_2O), karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO_2) yang terjadi penurunan massa -71,4488% dengan temperatur 240,5°C-376,6°C selama 32 menit waktu pembakaran. Dan di zona 2 terdapat titik puncak reaksi yang pertama dengan entalpi 1922,83 μV s/mg, titik awal pemanasan terjadi pada temperatur 110,0°C (9 menit), mulai bereaksi dengan entalpi 71,854 μV pada temperatur 153,2°C (12 menit) dan puncak maksimum dengan entalpi 87,906 μV pada temperatur 172,6°C (13 menit) dan titik akhir pemanasan pada temperatur 348,4°C (19 menit) dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Zona 3 terjadi pembentukan gas dan minyak yang terjadi kenaikan massa 10,0417% dengan temperatur 376,6°C-1000°C selama 76 menit waktu pembakaran dan di zona 3 ini terdapat titik puncak reaksi yang kedua dengan entalpi 3432,78 μV s/mg, titik awal pemanasan terjadi pada temperatur 320,9°C (27 menit), mulai bereaksi dengan entalpi 125,305 μV pada temperatur 337,9°C (29 menit) dan puncak maksimum dengan entalpi 204,414 μV pada temperatur 364,7°C (31 menit) dan titik akhir pemanasan pada temperatur 387,5°C (38 menit) dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Dari karakteristik pembakaran TGA/DTA tersebut, dapat diketahui dari zona 2 didapatkan energi aktivasi pembakaran batubara PCN 2 yaitu pada temperatur 240,5°C–376,6°C, dilakukan perhitungan energi aktivasi di zona ini karena zona ini yang paling banyak perubahan massa batubaranya. Kemudian dari data temperatur dan waktu didapatkan perhitungan energi aktivasi yang dapat dilihat hasil perhitungan pada tabel 4.6.

Dan dari tabel 4.6 didapatkan hubungan antara $\ln K$ vs $1/T$ yang dapat dilihat pada grafik 4.10. Dari grafik tersebut, maka dapat diketahui bahwa energi aktivasi pembakaran batubara PCN 2 dengan alat TGA adalah sebesar 10835,63 kJ/mol. Dan dari energi aktivasi tersebut, dapat ditentukan derajat atau tingkatan batubara dengan mengkonversi ke Btu/lb yaitu 10270,2 Btu/lb. Maka dari energi aktivasi batubara tersebut, batubara PCN 2 termasuk dalam tingkatan batubara sub-bituminus B.

Dari grafik tersebut juga didapatkan $R^2 = 0,9985$ yaitu tingkat kepercayaan dengan skala 0 sampai 1 yang digunakan untuk mendapatkan batasan kurva yang paling baik dan karena nilainya 0,9985 mendekati angka 1 maka dapat dikategorikan sebagai batasan kurva yang paling baik dan perhitungan energi aktivasinya benar.

Batubara PCN 2 termasuk dalam batubara sub-bituminus maka pemanfaatannya untuk pembangkit listrik, produksi semen dan penggunaan untuk industri.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang didapat pada saat dilakukan penelitian tentang analisis karakteristik pembakaran batubara PT. Prolindo Cipta Nusantara, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian batubara menggunakan alat TGA adalah sebagai berikut:
 - Pada temperatur 45°C -200°C, batubara mengalami adsorpsi yaitu pelepasan air (H₂O), karbon dioksida (CO₂) dan metana (CH₄).
 - Pada temperatur 200°C-400°C, batubara mengalami dekomposisi termal yaitu pelepasan air (H₂O), karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂).
 - Pada temperatur 350°C-450°C, terjadinya pembentukan gas dan minyak.
 - Pada temperatur >500°C, struktur kokas mulai berkembang.
 - Pada temperatur 700°C-800°C, devolatisasi berlanjut dan hidrogen berlimpah.
 - Pada temperatur >1000°, menjadi batubara kokas.
2. Karakteristik pembakaran batubara sampel PCN 1 dan PCN 2 adalah sebagai berikut:
 - PCN 1 pada zona 1 temperatur 48,6°C-221°C selama 16 menit massanya -14,8024 %, zona 2 temperatur 221°C-326,9°C selama 26

menit massanya -44,0827% dan titik puncak reaksi yang pertama dengan entalpi 2509,57 $\mu\text{V s/mg}$ dan pada temperatur 268,7°C-344,5°C (21-30 menit), dan zona 3 temperatur 326,9°C-1000°C selama 76 menit massanya -16,571% dan titik puncak reaksi yang kedua dengan entalpi 640,97 $\mu\text{V s/mg}$ dan pada temperatur 356,7 °C-423,4°C (31-38 menit).

- PCN 2 pada zona 1 temperatur 46,1°C-240,5°C selama 18 menit massanya -12,6254%, zona 2 temperatur 240,5°C-376,6°C selama 32 menit massanya -71,4488% dan titik puncak reaksi yang pertama dengan entalpi 1922,83 $\mu\text{V s/mg}$ pada temperatur 110,0°C-348,4°C (9-19 menit), dan zona 3 temperatur 376,6°C-1000°C selama 76 menit massanya 10,0417% dan titik puncak reaksi yang kedua dengan entalpi 3432,78 $\mu\text{V s/mg}$ pada temperatur 320,9°C-387,5°C (27-38 menit).
- Energi aktivasi batubara PCN 1 adalah 9932,9 Btu/lb termasuk dalam tingkatan batubara sub-bituminus B dan energi aktivasi batubara PCN 2 adalah 10270,2 Btu/lb termasuk dalam tingkatan batubara sub-bituminus B.
- Batubara PCN 1 dan PCN 2 termasuk dalam batubara sub-bituminus maka pemanfaatannya adalah untuk pembangkit listrik, produksi semen dan penggunaan untuk industri.

5.2 Saran

Berdasarkan pengolahan data yang sudah dilakukan selama penelitian maka peneliti ingin memberikan saran yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan batubara sampel yang banyak dan berbeda lokasi seam pengambilan sampel agar mendapatkan perbandingan karakteristik batubara dan untuk penelian selanjutnya bisa menggunakan metode lain selain TGA, yaitu gasifikasi agar penelitian tentang analisis thermal ke depannya lebih berkembang.



DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, Rr. Harminuke Eko. Ningsih, RR. Yunita Bayu. Muammal, Canda. 2017. Karakteristik Pembakaran Biobriket Batubara Campuran Batubara dan Ampas Tebu. *Jurnal Promine*. 5(2): 30-35.
- Himawanto, Dwi Aries. 2013. Penentuan Energi Aktivasi Pembakaran Briket Char sampah Kota dengan Menggunakan Metoda Thermogravimetry dan *Isothermal Furnace*. *Rotasi*. 15(3): 35-42.
- Muchjidin. 2006. *Pengendalian Mutu dalam Industri Batu bara*. Edisi 1. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Munir, Stefano. & Sodikin, Ikin. 2009. Hubungan Antara Parameter Karakteristik Limbah Batubara Kalimantan Timur Dan Karakteristik Pembakarannya. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*. 05(13): 40-46.
- Nukman. 2008. Dekomposisi *Volatile Matter* Dari Batubara Tanjung Enim Dengan Menggunakan Alat *Thermogravimetry Analyzer* (Tga). *Makara Teknologi*. 12(2): 65-69.
- Nukman. Dahlan, Muhammad. S, Firdaus M. Yani, Irsyadi. & Arifin, Amir. 2019. Besaran Energi Aktivasi Dari Oksidasi Hasil Pengecoran Aluminium Kaleng Minimum yang Mendapat Perlakuan Panas Quenching Dan Annealing. *Jurnal Austenit*. 11(2): 47-53.
- Setiawan, Yudi. 2012. Karakteristik Pembakaran Briket Arang Berbahan Baku Sampah Kota Dengan Analisa Termogravimetry. *Turbo Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. 1(2): 86-94.

Sinaga, Sandoro. 2015. Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Karakteristik Keramik Silika dari Daun Bambu Hasil Leaching Asam Sitrat dan Suhu Pembakaran 500°C-700°C. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*. 03(01): 31-36.

Sudradjat, Adjat. 1999. *Teknologi & Manajemen Sumberdaya Mineral*. Edisi 1. Institut Teknologi Bandung: Bandung.

Sukandarrumidi. 2014. *Batubara dan Gambut*. Edisi 4. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.

