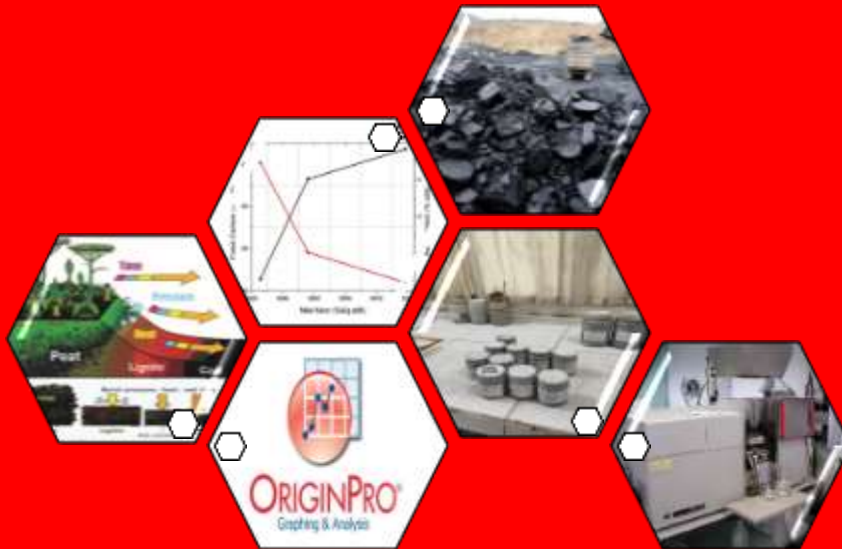


**ANALISIS KANDUNGAN SILIKA (SiO_2) DAN KUALITAS BATUBARA
MENGUNAKAN METODE *ATOMIC ABSORPTION
SPECTROPHOTOMETRY (AAS)* DAN *GENERAL ANALYSIS*
DI DAERAH X, KABUPATEN BERAU PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**



**MERLIA SINDING
H061201038**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS KANDUNGAN SILIKA (SiO_2) DAN KUALITAS BATUBARA
MENGUNAKAN METODE *ATOMIC ABSORPTION
SPECTROPHOTOMETRY (AAS)* DAN *GENERAL ANALYSIS*
DI DAERAH X, KABUPATEN BERAU PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

**MERLIA SINDING
H061201038**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS KANDUNGAN SILIKA (SiO_2) DAN KUALITAS BATUBARA
MENGUNAKAN METODE *ATOMIC ABSORPTION
SPECTROPHOTOMETRY (AAS)* DAN *GENERAL ANALYSIS*
DI DAERAH X, KABUPATEN BERAU PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

**MERLIA SINDING
H061201038**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Geofisika

pada

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

**ANALISIS KANDUNGAN SILIKA (SiO₂) DAN KUALITAS BATUBARA
MENGUNAKAN METODE ATOMIC ABSORPTION
SPECTROPHOTOMETRY (AAS) DAN GENERAL ANALYSIS
DI DAERAH X, KABUPATEN BERAU PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

MERLIA SINDING

H061201038

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Sains pada 4 September 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Geofisika
Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,



Ir. Bambang Harimei, M.Si
NIP.196105011991031003

Mengetahui:
Ketua Departemen Geofisika,




Dr. Muh. Alimuddin H. Assegaf, M.Eng
NIP.196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Analisis Kandungan Silika (SiO_2) dan Kualitas Batubara Menggunakan Metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) dan General Analysis di Daerah X, Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Ir. Bambang Harimei, M.Si. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.



menia Sinding
NIM H061201038

Ucapan Terima Kasih

Segala puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala hikmat dan pertolongan-Nya yang senantiasa menyertai dan menuntun penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Kandungan Silika (SiO_2) dan Kualitas Batubara Menggunakan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan *General Analysis* di Daerah X, Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur”, yang merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Geofisika Departemen Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua terkasih Bapak **Marthinus Duma' Parimata** dan Ibu **Rosa Losseng** yang selalu mendoakan, mendukung dan memberikan cinta kasihnya dengan tulus ikhlas. Begitu pula kepada saudara penulis **Miryam Belopangan, Rianto Belopangan, Risal Parimata** dan untuk kesayangan penulis **Madhea Naomi Belopangan** yang selalu memberikan sukacita dan semangat dalam proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran mereka memberikan warna tersendiri dan menjadi sumber inspirasi bagi penulis untuk terus berjuang dan menyelesaikan skripsi ini walaupun prosesnya sedikit lebih lama.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dinamika, keluh kesah dan hal-hal tidak terduga yang diakibatkan oleh keterbatasan penulis. Selama proses pengerjaan skripsi ini dengan izin Tuhan Yang Maha Esa dapat berjalan atas bantuan, bimbingan, dukungan serta nasihat dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan salam hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Ir. Bambang Harimei, M.Si.**, selaku pembimbing tugas akhir dan pembimbing akademik yang dengan penuh kesabaran telah membimbing penulis selama perkuliahan. Terima kasih telah memberikan bimbingan, semangat, nasihat dan saran untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu **Dra. Maria, M.Si.**, Ibu **Makhrani, S.Si., M.Si.** dan Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** selaku penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan kritikan dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Eng Amiruddin** selaku Dekan FMIPA Unhas, Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Assagaf, M.Eng** selaku Ketua Departemen Geofisika FMIPA Unhas dan seluruh **Bapak/Ibu dosen** serta **staff** Departemen Geofisika yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran bagi penulis selama berkuliah di prodi Geofisika.
4. Perusahaan tempat penulis melakukan penelitian: **mas Deska, mas Ridho, mas Okta, mas Sofyan, mas Viqi, mas Aulia, mas Widodo, mas Haidir, mas Syamsul** dan **Pak Agus** selaku pembimbing saya yang telah membimbing dan membantu penulis selama melakukan penelitian.
5. Teman-teman HMGF 2020 (Geofisika 2020): Kanda **Asmawan, Faiz, Algi, Awi, Dayat, Toktok, Dirham, Ansyah, Ime, Astri, Rey, Iis, Salsa, Emi, Tazkia, Resti, Icha, Milka, Izzah, Aini, Alif, Angel, Arpah, Asi, Aurel, Aza, Chelss, Cholis, Defina, Ema, Fadia, Golo, Guntur, Hasna, Ical, Ima, Indah, Jane, Lola, Mela, Mifta, Nikom, Nisfit, Rezky, Rianul, Riska, Selfi, Tiwi, Wiwiq, Wulan, Yonas, Yudi, Agung, Fira, Gery, Qalby, Umi, Hamman, Mage, Ihsan** dan **Ipul**. Terima kasih telah berjuang bersama dari mahasiswa baru sampai menyelesaikan pendidikan ini, terima kasih atas waktu panjang dan ceritanya. Terima kasih sudah menjadi keluarga pertama untuk penulis di kampus, akan menjadi keluarga

- selama-lamanya. Setelah lulus, satu-satunya yang pasti hanya kerinduan. Salam **Bersama Satukan Langkah**.
6. Teman-teman **Pengurus BEM FMIPA Unhas Periode 2023/2024**. Terima kasih atas kebersamaan dan pelajaran dari setiap proses yang pernah dijalani di KM FMIPA Unhas, dimanapun teman-teman berada tetap **Satu dan Selamanya**. Salam **Use Your Mind Be The Best**.
 7. Kanda-kanda HMGF 2017, 2018, 2019 dan adik-adik HMGF 2021, 2022 dan 2023 untuk kebersamaannya menjalani setiap proses di himpunan.
 8. **GMKI Komisariat FMIPA Unhas** yang telah menjadi wadah berpelayanan bagi penulis dari awal kuliah hingga pada saat ini. Tetaplah Tinggi Iman, Tinggi Ilmu, Tinggi Pengabdian. **Ut Omnes Unum Sint**.
 9. PKK Kedepannya: **Yudi, Jummi, Elisya** dan **Vanny** yang selalu kebersamai dalam kepengurusan dan selalu memberikan keceriaan, semangat dan sukacita bagi penulis selama bersama-sama hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan segalanya baik.
 10. Orang Baik: **Gio, Yudi, Ryval, Yefan, Aeron, Yonas, Angel, Asi, Chatrine, Chelss, Jummi, Peby, Nital** dan **Sepri**. Terima kasih teman angkatan yang selalu ada baik susah maupun duka bagi penulis. Terima kasih selalu jadi orang baik bagi penulis kiranya Tuhan Yesus selalu menyertai kita dimanapun berada.
 11. Minoritas: **Astri, Rey, Iis** dan **Salsa**. Terima kasih untuk perjalanan panjangnya yang selalu kebersamai penulis di akademik maupun berbagai kegiatan di himpunan. Dukungan, semangat dan kebersamaan telah membuat setiap tantangan terasa lebih ringan dan setiap pencapaian menjadi lebih bermakna. Mari terus selalu mendukung dan menginspirasi satu sama lainnya. Panjang umur untuk semua hal baik.
 12. Teman-teman KKN Gelombang 110 Posko Lembang Sangbua': **Kordes Nelson, Niko, Aldo, Owen, Fani, Shertin, Sastria, Valen** dan **Vemy**.
 13. Terima kasih untuk seluruh keluarga dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang senantiasa mendoakan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
 14. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah mampu kooperatif dalam mengerjakan tugas akhir ini. Terima kasih karena selalu berpikir positif ketika keadaan sempit tidak berpihak dan selalu berusaha mempercayai diri sendiri hingga akhirnya mampu membuktikan bahwa penulis bisa mengandalkan diri sendiri. Semangat untuk rencana kedepannya, tetap yakin bisa mendapatkan keinginan itu, seperti Firman dalam **Mazmur 121:8** "**Tuhan akan menjaga keluar masukmu, dari sekarang sampai selamanya**".

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis menerima segala bentuk kritik maupun saran untuk perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan segala pihak yang membutuhkan pada umumnya.

Penulis,



Merlia Sinding

ABSTRAK

MERLIA SINDING. **Analisis Kandungan Silika (SiO₂) dan Kualitas Batubara Menggunakan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan *General Analysis* di Daerah X, Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur** (dibimbing oleh Bambang Harimei).

Latar Belakang. Indonesia memiliki sumber daya alam batubara yang melimpah. Kualitas batubara sangat penting dalam menentukan nilai ekonomis dan penggunaannya untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Analisis kandungan silika dan kualitas batubara, termasuk kadar *moisture*, *ash*, *volatile matter*, *fixed carbon*, sulfur, dan nilai kalor untuk menentukan peringkatnya berdasarkan standar ASTM (*American Standard Testing and Material*). Peningkatan eksplorasi dan kajian kelayakan penting untuk memastikan efektivitas pembakaran dan pemanfaatan yang berkelanjutan. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan silika (SiO₂), kualitas batubara dan peringkat batubara berdasarkan standar ASTM pada daerah X di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. **Metode.** Metode yang digunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk menganalisis kandungan silika dan *General Analysis* untuk menganalisis kualitas batubara. **Hasil.** Adapun hasil yang diperoleh dari analisis AAS menunjukkan bahwa kandungan silika (SiO₂) dalam batubara pada titik A yaitu 38,60%, 34,30% dan 37,00%, pada titik B yaitu 55,60%, 42,60% dan 46,00%. Adapun hasil *general analysis* menunjukkan bahwa nilai kalori pada titik A yaitu 5.814 Cal/g, 5.890 Cal/g dan 6.046 Cal/g, pada titik B yaitu 5.661 Cal/g, 5.870 Cal/g dan 6.084 Cal/g. Peringkat batubara pada titik A termasuk dalam kategori *Subbituminous* dan pada titik B termasuk dalam kategori *Subbituminous* pada sampel BRU 1 dan BRU 2 serta kategori *Bituminous* pada sampel BRU 3. **Kesimpulan.** Nilai kalor batubara pada titik A dan B berada pada kisaran yang tinggi yaitu > 5.500 Cal/g, menunjukkan bahwa meskipun kandungan silika cukup signifikan, batubara tersebut masih layak untuk digunakan sebagai sumber energi utama di berbagai industri. Berdasarkan standar ASTM diperoleh sampel BRU 3 pada titik A dan B merupakan sampel yang paling tinggi kualitasnya.

Kata kunci: batubara, silika, kualitas, peringkat, AAS, *general analysis*.

ABSTRACT

MERLIA SINDING. **Analysis of Silica Content (SiO₂) and Coal Quality Using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) and General Analysis Methods in Area X, Berau Regency, East Kalimantan Province** (supervised by Bambang Harimei).

Background. Indonesia has abundant natural coal resources. Coal quality is very important in determining its economic value and usefulness to meet national energy needs. Analysis of silica content and coal quality, including air, ash, sulfur, and calorific value to determine its ranking based on ASTM (American Standard Testing and Material) standards. Increasing exploration and feasibility studies are important to ensure combustion effectiveness and sustainable utilization. **Objectives.** This study aims to determine the silica content (SiO₂), coal quality and coal rank based on ASTM standards in area X in Berau Regency, East Kalimantan. **Methods.** The method used Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) to analyze silica content and General Analysis to analyze coal quality. **Results.** The results of the analysis obtained from AAS showed that the silica content (SiO₂) in coal at point A was 38.60%, 34.30% and 37.00%, at point B it was 55.60%, 42.60% and 46.00%. The results of the general analysis show that the calorific value at point A is 5,814 Cal/g, 5,890 Cal/g and 6,046 Cal/g, at point B is 5,661 Cal/g, 5,870 Cal/g and 6,084 Cal/g. The coal rank at point A is included in the Subbituminous category and at point B is included in the Subbituminous category in samples BRU 1 and BRU 2 and the Bituminous category in sample BRU 3. **Conclusion.** The calorific value of coal at points A and B is in the high range of > 5,500 Cal/g, indicating that although the silica content is quite significant, the coal is still suitable for use as the main energy source in various industries. Based on the ASTM standard, the BRU 3 sample at points A and B is the sample with the highest quality.

Keywords: coal, silica, quality, rank, AAS, general analysis.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Teori	3
1.5.1 Geologi Regional	3
1.5.2 Pengertian Batubara	6
1.5.3 Proses Pembentukan Batubara	7
1.5.4 Parameter Kualitas Batubara	9
1.5.5 Basis Batubara	11
1.5.6 Klasifikasi Batubara	13
1.5.7 Komponen Utama Batubara	14
1.5.8 Pengaruh Kandungan Silika (SiO ₂) Terhadap Pemanfaatan Batubara	15
1.5.9 <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	16
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	19
2.1 Lokasi Penelitian	19
2.2 Alat dan Bahan	19
2.2.1 Alat	19

2.2.2 Bahan	19
2.3 Prosedur Penelitian.....	20
2.3.1 Tahap Persiapan	20
2.3.2 Tahap Pengumpulan Data.....	20
2.3.3 Tahap Pengolahan Data.....	20
2.4 Bagan Alir	21
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	22
3.1 Kandungan (SiO_2) Silika dalam Batubara	22
3.1.1 Kandungan Silika (SiO_2) dalam Batubara pada Titik A	22
3.1.2 Kandungan Silika (SiO_2) dalam Batubara pada Titik B	23
3.2 Analisis Kualitas Batubara	23
3.2.1 Analisis Kualitas Batubara pada Titik A.....	23
3.2.2 Analisis Kualitas Batubara pada Titik B.....	27
3.3 Klasifikasi Kelas Batubara menurut ASTM	31
3.3.1 Klasifikasi Kelas Batubara Titik A	31
3.3.2 Klasifikasi Kelas Batubara Titik B.....	32
BAB IV KESIMPULAN	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Stratigrafi Sub-Cekungan Berau (Muh. Ichsan, 2021)	6
2. Klasifikasi Batubara (ASTM D388, 2014).....	13
3. Data Hasil Analisis Kandungan Silika (SiO_2) dalam Batubara	22
4. Data Hasil Analisis Kualitas Batubara pada Titik A.....	23
5. Besar Nilai Rasio Bahan Bakar dan Nilai Kalor Pada Titik A	25
6. Data Hasil Analisis Kualitas Batubara pada Titik B.....	27
7. Besar Nilai Rasio Bahan Bakar dan Nilai Kalor Pada Titik B	29
8. Data Hasil Analisis Kualitas dan Klasifikasi Kelas Batubara Titik A	31
9. Data Hasil Analisis Kualitas dan Klasifikasi Kelas Batubara Titik B	32

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Batas Cekungan Tarakan (Sumber: Sigit, 2009).....	4
2. Peta Geologi Regional Kabupaten Berau, Kalimantan Timur	5
3. Proses Pembentukan Batubara (Sumber: Kentucky Geological Survey, 2012)....	8
4. Basis Batubara (Sumber: Riadi, 2018).....	12
5. Instrumentasi pada Alat AAS (Richard, 1993).....	16
6. Peta Lokasi Penelitian	19
7. Bagan Alir Penelitian.....	21
8. Kandungan Silika (SiO_2) pada Titik A.....	22
9. Kandungan Silika (SiO_2) pada Titik B.....	23
10. Hubungan Kandungan Air dengan Nilai Kalor.....	24
11. Hubungan Karbon Tertambat dan Abu terhadap Nilai Kalor	25
12. Hubungan zat terbang dan Karbon Tertambat dengan Nilai Kalor (a), hubungan rasio bahan bakar dan sulfur terhadap nilai kalor (b)	26
13. Hubungan Kandungan Air dengan Nilai Kalor.....	28
14. Hubungan Karbon Tertambat dan Abu terhadap Nilai Kalor	29
15. Hubungan zat terbang dan Karbon Tertambat dengan Nilai Kalor (a), hubungan rasio bahan bakar dan sulfur terhadap nilai kalor (b)	30

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1. Data Ash Analysis dan General Analysis.....	36
2. Perhitungan untuk Menentukan Klasifikasi Batubara berdasarkan ASTM.....	38

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi yang berasal dari hasil pemanfaatan sumberdaya alam merupakan kebutuhan dasar manusia diberbagai belahan dunia yang akan digunakan dalam segala bidang guna memenuhi kebutuhan dan keberlanjutan hidup manusia itu sendiri. Indonesia yang merupakan negara kepulauan memiliki sumberdaya alam yang melimpah seperti minyak, gas bumi, mineral, batubara dan bahan galian lainnya. Salah satu bahan galian yang terdapat di Indonesia dalam jumlah yang cukup besar adalah batubara. Peningkatan produksi batubara dalam negeri tentunya dapat mendukung ketahanan energi nasional. Hal ini karena batubara merupakan salah satu sumber energi utama di Indonesia.

Berdasarkan data dari Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), sumberdaya batubara nasional per Desember 2023 mencapai 775,2 juta ton, jauh melampaui dari target yang dibidik sebesar 694,5 juta ton atau naik 112% dari target yang ditetapkan. Potensi sumberdaya dan cadangan batubara yang sangat melimpah ini tersebar diberbagai pulau di Indonesia dimana sebagian besar terdapat di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatera serta sebagian kecil tersebar di beberapa lokasi di Pulau Sulawesi, Pulau Jawa, Papua dan Maluku (Kementerian ESDM, 2024). Jenis batubara yang tersebar di seluruh Indonesia memiliki kualitas yang bervariasi yakni batubara berkualitas rendah, menengah hingga batubara yang berkualitas tinggi.

Batubara adalah bagian dari endapan batubara yang diharapkan dapat dimanfaatkan dan diolah lebih lanjut secara ekonomis. Sumberdaya ini dapat meningkat menjadi cadangan setelah dilakukan kajian kelayakan dan dinyatakan layak untuk ditambang secara ekonomis sesuai dengan teknologi yang ada. Menyadari pentingnya ketersediaan batubara untuk pemenuhan energi nasional, maka eksploitasi batubara harus seimbang dengan penemuan lokasi baru yang prospek agar kestabilan energi tetap terjaga. Kegiatan eksplorasi batubara secara rinci dapat mengubah status sumberdaya menjadi cadangan, sehingga umur pemanfaatan batubara di Indonesia juga dapat terus meningkat. Sumberdaya dalam bidang teknis kebumihian dapat berkonotasi kuantitatif, yaitu perkiraan besarnya potensi sumberdaya batubara secara teknis menunjukkan harapan untuk dapat dikembangkan setelah dilakukan penelitian dan eksplorasi (Erihartanti et.al., 2015).

Sumber daya alam batubara di Indonesia 35,4% berada di Kalimantan Timur. Terdapat 16,4% sumber daya alam batubara yang layak untuk ditambang dan bernilai ekonomis tinggi. Cadangan batubara di Indonesia mayoritas berupa lignit mencapai 59%, sub-bituminous 27%, bituminous 14%, dan antrasit berjumlah kurang dari 0,5% dari total cadangan. Kualitas batubara sangat ditentukan oleh sifat fisik dan kimia dari batubara (Wahyuni et.al., 2019).

Analisis kualitas batubara secara kimiawi salah satunya dengan metode uji *general analysis* yaitu analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalor batubara. Analisis

proksimat yang terdiri atas nilai kadar air (*inherent moisture*), kadar abu (*ash content*), zat terbang (*volatile matter*), dan karbon tetap (*fixed carbon*), analisis total sulfur dan nilai kalori kemudian dijadikan parameter-parameter dalam menentukan peringkat batubara. Parameter-parameter ini kemudian akan disesuaikan dengan ASTM (Sira et.al., 2021).

Pada analisis proksimat salah satunya adalah menentukan kadar abu, menurunnya kadar abu dalam batubara mengindikasikan berkurangnya kadar mineral yang terkandung di dalam batubara sehingga dapat menaikkan kalor pembakarannya. Sulfur merupakan bagian dari material *carbonaceous* atau bagian dari mineral sulfat dan sulfida. Sifatnya yang mudah bersenyawa dengan unsur hidrogen dan oksigen dan membentuk senyawa asam, maka keberadaan sulfur diharapkan dapat seminimal mungkin (Wahyuni et.al, 2019).

Beberapa penelitian untuk mengetahui kualitas batubara telah dilakukan, salah satunya oleh Muhammad Fitrawan (2022) yang melakukan penelitian di daerah Bulupoddo untuk menentukan peringkat dan kualitas batubara. Pada analisis kualitas batubara menggunakan metode uji *general analysis* yang menguji kandungan proksimat, total sulfur dan nilai kalori dari batubara. Nilai kalor hasil pengujian kemudian digunakan untuk menentukan peringkat dari batubara menggunakan klasifikasi batubara berdasarkan ASTM (*American Standard Testing and Material*).

Klasifikasi batubara menurut ASTM merupakan suatu organisasi internasional yang mengembangkan standarisasi teknik untuk material, produk, sistem dan jasa. ASTM membagi batubara berdasarkan tingkat pembatubaranya. Urutan batubara dari tingkat tertinggi sampai terendah adalah antrasit, bituminus, sub-bituminus dan lignit.

Salah satu metode dalam menentukan kandungan mineral dalam bongkahan batuan tambang yaitu dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Penelitian yang dilakukan oleh Baiq Rina dan Lintang Pratama (2018) di daerah kawasan Lombok Tengah menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* untuk meneliti mengenai kandungan unsur tembaga (Cu) yang terdapat pada struktur batu tambang menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry*.

Penelitian ini dilatarbelakangi seperti permasalahan di atas, oleh karena itu penelitian ini sangat penting untuk mengetahui kandungan silika, kualitas dan peringkat dari batubara. Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul "Analisis Kandungan Silika (SiO_2) dan Kualitas Batubara Menggunakan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan *General Analysis* di Daerah X, Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur".

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Bagaimana kandungan silika (SiO_2) dalam batubara berdasarkan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) pada daerah X di Berau Kalimantan Timur?

2. Bagaimana kualitas batubara berdasarkan uji *general analysis* pada daerah X di Berau Kalimantan Timur?
3. Bagaimana peringkat dari batubara berdasarkan parameter uji yang telah disesuaikan dengan ASTM pada daerah X di Berau Kalimantan Timur?

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini menggunakan 6 sampel batubara di 2 titik di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Data penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* dan uji *general analysis* untuk mengetahui kandungan silika (SiO_2), kualitas dan peringkat batubara.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini:

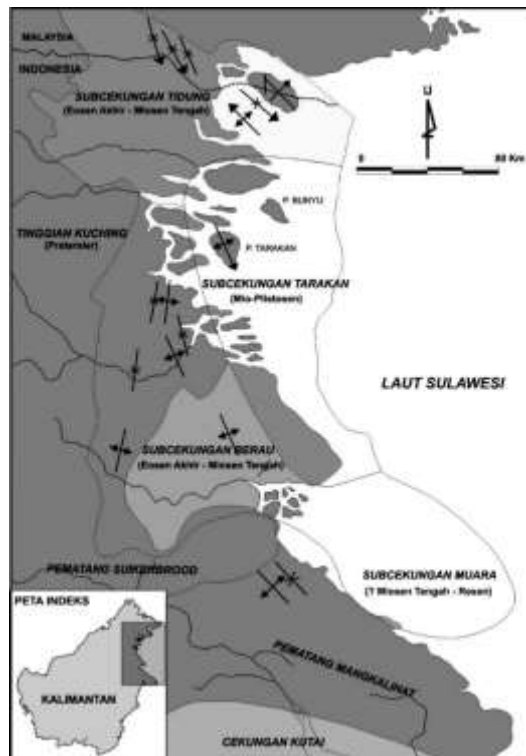
1. Mengetahui kandungan silika (SiO_2) dalam batubara berdasarkan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) pada daerah X di Berau Kalimantan Timur.
2. Mengetahui kualitas batubara berdasarkan uji *general analysis* pada daerah X di Berau Kalimantan Timur.
3. Mengetahui peringkat dari batubara berdasarkan parameter uji yang telah disesuaikan dengan ASTM pada daerah X di Berau Kalimantan Timur.

1.5 Teori

Pada subbab ini, akan diuraikan beberapa teori pendukung atau landasan dalam penulisan tugas akhir ini. Sebelum menerapkan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan uji *general analysis* untuk menentukan kandungan silika (SiO_2), kualitas dan peringkat batubara, terlebih dahulu akan dibahas mengenai geologi regional, pengertian batubara, proses pembentukan batubara, parameter kualitas batubara, basis batubara, klasifikasi batubara, komponen utama batubara, pengaruh kandungan silika (SiO_2) terhadap pemanfaatan batubara dan *Atomic Absorption Spectrophotometry*.

1.5.1 Geologi Regional

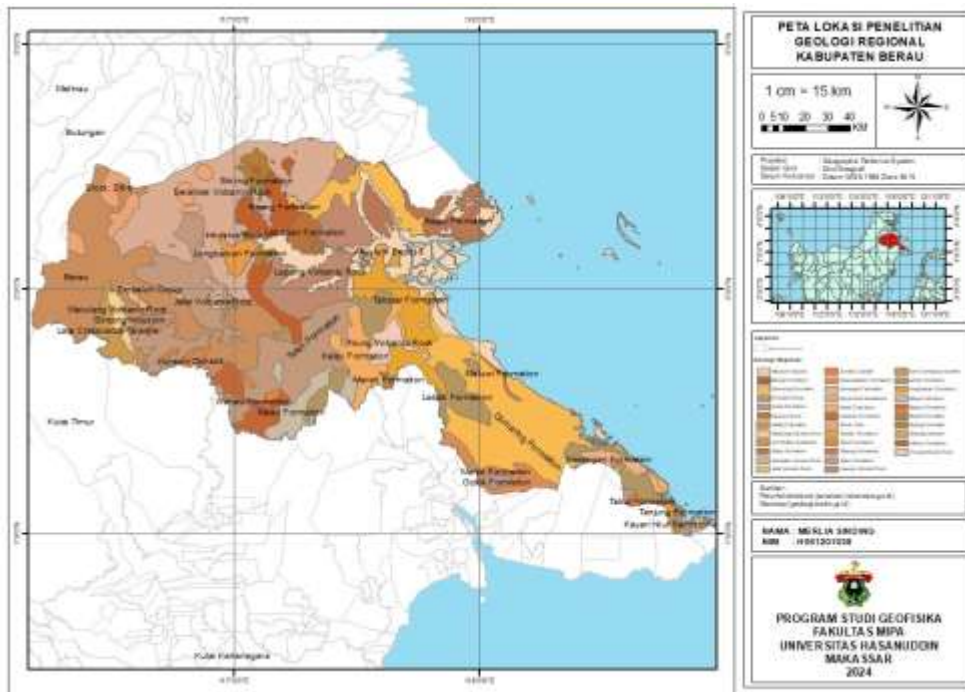
Secara fisiografis daerah penelitian termasuk dalam Sub-Cekungan Berau dari Cekungan Tarakan. Pada Gambar 1 menunjukkan cekungan Tarakan berupa depresi berbentuk busur yang terbuka ke arah timur atau ke arah Selat Makasar atau Laut Sulawesi yang merupakan cekungan paling utara di Kalimantan. Memanjang dari utara dibatasi oleh zona subduksi di Semenanjung Samporna, dan dibagian barat dibatasi oleh lapisan sedimen Pra Tersier Tinggian Sekatak sedangkan di bagian selatan dibatasi Pegunungan Schwaner dan tinggian Mangkalihat (Andini dan Rizal, 2019).



Gambar 1. Batas Cekungan Tarakan (Sumber: Sigit, 2009)

Cekungan Tarakan merupakan cekungan sedimentasi yang merupakan cekungan polihistori. Lokasi meliputi bagian darat Kalimantan dan pulau-pulau kecil di sekitarnya serta bagian lepas pantai di sebelah timur. Cekungan Tarakan terbentuk bersamaan dengan pembentukan Laut Sulawesi yang disebabkan oleh *rifting* Sulawesi Utara dan Barat dari Kalimantan Timur. Peregangan (*extension*) dan penurunan (*subsidence*) dimulai Eosen Tengah sampai Akhir dan berhenti pada akhir Miosen Awal. Tektonik Cekungan Tarakan menjadi lebih stabil mulai Miosen Tengah Atas sampai Pliosen dengan pengendapan sedimen deltaik yang berasal dari sebelah barat melalui beberapa sistem *drainase*. Fase tektonik terakhir adalah kompresi yang dihasilkan dari kolisi lempeng Filipina dengan Borneo atau reaktifisasi dari pergerakan *transform* sepanjang *wrench fault* yang memotong Selat Makassar mulai Pliosen Atas dan berlanjut sampai saat ini. Transgresi selama periode ini menghasilkan pembentukan busur-busur (*arches*) Sebatik, Ahus, Bunyu, Tarakan dan Latih.

Struktur geologi regional yang ada di sekitar Berau berupa lipatan, sesar normal, sesar geser, dan kelurusan menunjukkan arah utama baratlaut – tenggara dan baratdaya-timurlaut. Di Cekungan Tarakan terdapat 3 sinistral *wrench fault* yang saling sejajar dan berarah baratlaut-tenggara, yakni Sesar Semporna, Sesar Maratua dan Sesar Mangkalihat Peninsula (Andini dan Rizal, 2019).



Gambar 2. Peta Geologi Regional Kabupaten Berau, Kalimantan Timur

Pada Gambar 2 menunjukkan peta regional daerah penelitian termasuk dalam sub cekungan Berau yang merupakan bagian dari cekungan Tarakan di bagian selatan dan tersusun oleh batuan sedimen, batuan vulkanik dan batuan beku dengan rentang umur dari Tersier sampai Kuartar. Formasi yang menyusun stratigrafi Cekungan Berau terdiri dari 4 (empat) formasi utama. Urutan yang paling tua adalah Formasi Birang (Formasi Glogigerina Marl), Formasi Lati (Formasi Berau Coal), Formasi Labanan (Formasi Domaring) dan Formasi Sinjin seperti pada Tabel 1 (Andini dan Rizal, 2019).

- **Formasi Birang**

Formasi Birang memiliki susunan yang terdiri dari napal, batu gamping, dan tuff di bagian atas, serta napal, rijang, konglomerat, batu pasir kuarsa, batu gamping di bagian bawah. Formasi ini disebut juga Formasi Globigerina Marl dan menunjukkan kisaran umur oligosen – miosen yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal. Ketebalan yang ada pada formasi ini lebih dari 110 meter.

- **Formasi Lati**

Formasi Lati memiliki susunan yang terdiri dari batu pasir kuarsa, batu lempung, batu lanau dan batubara di bagian atas serta bersisipan dengan serpih pasir dan batu gamping di bagian bawah. Batubara pada formasi ini berwarna coklat hingga hitam dengan tebal lapisan mencapai 5,5 meter. Formasi ini disebut juga Formasi Batubara Berau dan menunjukkan kisaran umur miosen tengah yang diendapkan

pada lingkungan delta, estuarin, dan laut dangkal. Ketebalan yang ada pada formasi ini mencapai 600 meter.

- **Formasi Labanan**

Formasi Labanan memiliki susunan yang terdiri dari konglomerat, batu pasir, batu lanau, batu lempung, sisipan batu gamping dan batubara. Batubara pada formasi ini berwarna coklat hingga hitam dengan tebal lapisan mencapai 1,5 meter. Formasi ini disebut Formasi Domaring dan menunjukkan kisaran umur miosen akhir yang diendapkan pada lingkungan fluviatil dan terletak secara tidak selaras di atas Formasi Latih. Ketebalan formasi ini mencapai 450 meter.

- **Formasi Sinjin**

Formasi Sinjin memiliki susunan yang terdiri dari tuff, aglomerat dan batu lempung. Formasi ini terletak secara tidak selaras di atas Formasi Labanan dengan kisaran umur pliosen. Ketebalan pada formasi ini lebih dari 500 meter.

Tabel 1. Stratigrafi Sub-Cekungan Berau (Muh. Ichsan, 2021)

Umur Batuan	Formasi Batuan	Litologi	Tebal
Plioson	Formasi Sinjin	Tuff, aglomerat dan batu lempung	>500 m
	Formasi Labanan	Konglomerat, batu pasir, batu lanau, batu lempung, batu gamping dan batubara	450 m
Mioson	Formasi Latih	Batu pasir, batu lempung, batu lanau, batubara dan batu gamping	600 m
	Formasi Birang	Napal, batu gamping, tuff, rijang, konglomerat dan batu pasir	>110 m
Oligosen			

1.5.2 Pengertian Batubara

Batubara merupakan batuan sedimen yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan atau bahan-bahan organik, berwarna coklat sampai hitam, dan sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia yang menjadikan batubara kaya akan kandungan karbon (Sukandarrumidi, 1995). Batubara merupakan suatu batuan yang mudah terbakar dengan lebih dari 50% - 70% dari berat volumenya adalah bahan organik yang merupakan material karbonat termasuk *total moisture*. Bahan organik utama penyusun batubara yaitu tumbuhan yang dapat berupa jejak kulit pohon, struktur kayu, daun, akar, damar, polen, dan lain-lain. Kemudian bahan organik tersebut mengalami berbagai tingkat pembusukan (dekomposisi) hingga

menyebabkan perubahan sifat fisik maupun sifat kimia sesudah tertutup maupun sebelum tertutup oleh endapan lain pada saat pembentukan batubara (Anugerah, et.al., 2022).

Menurut *The International Hand Book of Coal Petrography* (1963), batubara merupakan benda padat organik yang mudah terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang diikuti oleh proses kompaksi dan terkubur dalam cekungan-cekungan pada kedalaman yang beragam, dari dangkal sampai dalam. Dari beberapa definisi batubara, maka dapat diambil garis besar mengenai pengertian batubara yaitu benda padat organik, terbentuk dari akumulasi sisa-sisa beragam tumbuhan yang merupakan material organik dan telah mengalami dekomposisi atau penguraian karena proses biokimia dan geokimia sehingga mengalami perubahan baik sifat fisik maupun sifat kimianya (Febryanti dan Yulhendra, 2022).

1.5.3 Proses Pembentukan Batubara

Pembentukan batubara dimulai sejak *Carboniferous Period* (periode pembentukan karbon atau batubara) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Mutu dari setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan yang disebut sebagai maturitas organik. Proses pembentukan batubara terjadi beberapa tahap dimulai dari penggabutan (*peatification*) hingga pematubaraan (*coalification*).

Biokimia (Penggabutan). Tahap ini merupakan suatu tahap dimana terjadi perubahan dari tumbuhan menjadi gambut yang diakibatkan oleh bakteri dan fungi dalam air yang tergenang. Ketika sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (*anaerobik*) di daerah rawa dengan sistem penisiran (*drainage system*) yang buruk dan selalu tergenang air beberapa inci dari permukaan air rawa. Material tumbuhan yang busuk tersebut melepaskan unsur H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi, material tumbuhan itu diubah menjadi gambut. Laju pertumbuhan gambut tergantung dari :

- 1) Laju pertumbuhan dan pembusukan tumbuh-tumbuhan
- 2) Keadaan tanah, tanah harus subur dan sukar kering
- 3) Iklim harus basah, supaya sisa tumbuhan dapat tergenang dalam air yang memungkinkan terjadi pembusukan sebagian oleh bakteri anaerobik (Nurlala, 2015).

Geokimia (Pematubaraan). Proses pematubaraan (*coalification*) tersebut dimulai dari *peat* sampai antrasit. Tahap pematubaraan merupakan proses diagenesis terhadap komponen organik dari gambut yang menimbulkan peningkatan temperatur dan tekanan sebagai gabungan proses biokimia, kimia dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan sedimen yang menutupinya dalam kurun waktu geologi. Pada tahap tersebut, persentase karbon akan meningkat, sedangkan persentase hidrogen dan oksigen akan berkurang sehingga menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat maturitas material organiknya. Ada dua teori yang menerangkan terjadinya batubara yaitu teori *In situ* (terbentuk dari tumbuhan atau

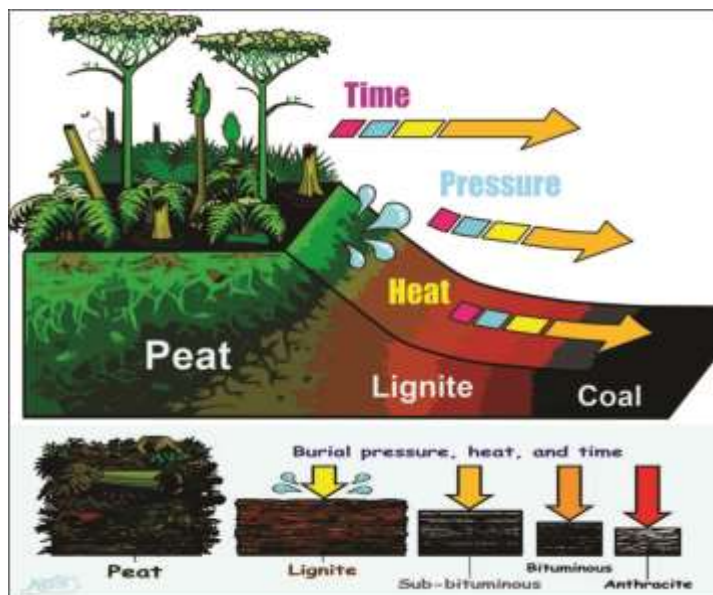
pohon yang berasal dari hutan dimana batubara tersebut terbentuk) dan teori *Drift* (batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan di tempat dimana batubara tersebut dibentuk) (Sultan et.al., 2021).

- Teori *In situ*

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan di tempat dimana batubara tersebut. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di hutan basah dan berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati dan roboh, langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut dan sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami pembusukan secara sempurna dan akhirnya menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik.

- Teori *Drift*

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan ditempat dimana batubara tersebut. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di delta mempunyai ciri-ciri lapisannya yaitu tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*), banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi).



Gambar 3. Proses Pembentukan Batubara (Sumber: Kentucky Geological Survey, 2012)

Pada Gambar 3 menunjukkan proses awal gambut berubah menjadi *lignite* (batubara muda) atau *brown coal* (batubara coklat) adalah batubara dengan jenis maturitas organik rendah. Dibandingkan dengan batubara jenis lainnya, batubara muda agak lembut dan warnanya bervariasi dari hitam pekat sampai kecoklat-coklatan. Mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus-menerus selama jutaan tahun, batubara muda mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara *sub-bitumen*. Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras

dan warnanya lebih hitam dan membentuk *bitumen* atau *antrasit*. Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk *antrasit* (Hermanto dan Sujiman, 2019).

1.5.4 Parameter Kualitas Batubara

Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Kualitas batubara ditentukan oleh maseral dan *mineral matter* penyusunnya, serta oleh derajat *coalification* (*peringkat*). Dalam pengujian kualitas batubara terdapat beberapa cara dalam melakukan analisa kualitas batubara. Menurut Laverick (1987) spesifikasi umum yang diperlukan dalam pengujian parameter kualitas untuk menspesifikasikan batubara yaitu parameter *total moisture*, *ash content*, *volatile matter*, *fixed carbon*, total sulfur dan *calorific value*. Apabila dikaitkan dengan pemanfaatannya sebagai bahan bakar, parameter kualitas batubara dapat ditambah dengan penyebaran ukuran batubara (Febryanti dan Yulhendra, 2022). Umumnya, untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisa kimia pada batubara yang diantaranya berupa analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalori yang disebut dengan *general Analysis*.

Kualitas batubara ini diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang selain dilihat dari besarnya cadangan batubara yang telah diperhitungkan serta biaya yang digunakan dalam melakukan penambangan. Selain itu, kualitas batubara juga sangat memengaruhi kegunaan batubara yang telah ditambang nantinya.

Analisis Proksimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan kadar air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*) yang berpengaruh terhadap kalori batubara (Malaidji et.al., 2018).

- **Total Moisture (TM)**

Air yang terdapat pada batubara terdiri dari *inherent moisture* dan *free moisture*. Kandungan air pada batubara memberikan pengaruh negatif pada proses pemanfaatannya karena kadar air yang terlalu tinggi akan menimbulkan masalah dalam proses pembakaran. Adanya kandungan air yang cukup tinggi akan mengurangi kalori batubara pada saat pembakaran (Huseini et.al., 2018).

Kadar Air Bebas (*Free Moisture*) atau *surface moisture* adalah kadar air permukaan dan retakan batubara. Jumlah air bebas dipengaruhi oleh kelembaban batubara, transportasi, penyimpanan dan distribusi ukuran partikel. Karena sebagian besar uap air ini berada di permukaan batubara, semakin besar luas permukaan batubara, semakin besar pula kadar air bebasnya. Kadar air bebas dapat dihilangkan dengan aerasi atau pemanasan hingga suhu maksimal 40° (Febryanti dan Yulhendra, 2022).

Inherent moisture adalah kandungan air yang terikat secara fisik dalam batubara, pada struktur pori-pori bagian dalam. *Inherent moisture* juga disebut *moisture* yang dianggap terdapat dalam rongga-rongga kapiler dan pori-pori batubara yang relatif kecil. Banyaknya jumlah kandungan air bawaan pada batubara berhubungan dalam penentuan peringkat batubara. Seiring dengan naiknya peringkat batubara maka

kandungan air bawaan pada batubara akan semakin kecil (Febryanti dan Yulhendra, 2022). Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai *inherent moisture*:

$$\%IM = \frac{\text{Berat air yang hilang (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100 \quad (1)$$

- Kadar abu (*Ash*)

Abu adalah sisa yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada kondisi tertentu. Abu terbentuk dari perubahan kimia pada *mineral matter* yang tersisa setelah batubara terbakar sempurna. Jumlah abu bisa lebih banyak, sama dengan, atau lebih sedikit dari kandungan *mineral matter* batubara tergantung dari sifat abu dan perubahan kimia yang terjadi selama proses pembentukannya (Speight, 2005). Oleh karena itu, semakin tinggi kandungan abu dalam batubara akan semakin berkurang nilai kalor batubara tersebut dan peringkatnya akan semakin rendah.

$$\%Ash = \frac{\text{Berat residu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100 \quad (2)$$

- Zat terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang adalah jumlah materi yang hilang ketika sampel batubara dipanaskan pada suhu dan waktu yang telah ditentukan (setelah proses penghilangan kadar air) (Febrianti dan Yulhendra, 2022). Zat terbang terdiri dari gas yang mudah terbakar seperti H₂, CO, metan dan uap-uap yang mengembun seperti tar, juga gas CO₂ dan H₂O. Zat terbang sangat mempunyai hubungan dengan peringkat batubara, makin tinggi zat terbang, makin tinggi peringkat batubara.

Kandungan *volatile matter* (%) memengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api yang dihasilkan oleh batubara. Hal ini didasarkan pada perbandingan antara kandungan karbon padat (*fixed carbon*) dan zat terbang (*volatile matter*), yang disebut *fuel ratio*. Semakin tinggi nilai *fuel ratio*, semakin banyak juga jumlah karbon di dalam batubara yang tidak terbakar (Huseini et.al., 2018).

$$\%VM = \left(\frac{\text{Berat akhir yang hilang (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \right) - \%IM \quad (3)$$

- Karbon padat (*Fixed Carbon*)

Karbon padat adalah jumlah karbon yang terkandung dalam bahan sisa setelah komponen volatil dihilangkan. Karbon padat ini menjadi komponen utama batubara yang mampu menghasilkan panas pada proses pembakaran. Semakin tinggi kandungan karbon padat maka nilai kalor batubara akan semakin meningkat. Semakin tinggi nilai karbon padat semakin tinggi peringkat batubara (Huseini et.al., 2018).

$$\%FC = 100 - \%IM - \%Ash - \%VM \quad (4)$$

Total Sulfur (Belering). Di dalam batubara bisa berupa bagian dari material *carbonaceous* atau bisa berupa bagian dari mineral seperti sulfat dan sulfida. Berdasarkan persentase kandungan sulfur dalam batubara dibagi tiga yaitu batubara kadar belering rendah ($\leq 0,4\%$), menengah ($0,5 - 1\%$) dan tinggi ($>1\%$) (Sultan et.al., 2021). Pemakaian batubara untuk industri-industri tertentu diperlukan persyaratan

kandungan sulfur yang relatif rendah sekali, dimana standar maksimal kadar sulfur yang terkandung dalam batubara adalah di bawah 1% (Huseini et.al., 2018).

Batubara dengan kadar belerang yang tinggi menimbulkan banyak masalah dalam pemanfaatannya. Bila batubara itu dibakar, belerang menyebabkan korosi dalam boiler, disamping itu juga menimbulkan pencemaran udara. Sebagian dari belerang akan terbawa pada hasil pencairan batubara, gasifikasi dan pembuatan kokas, jadi harus dihilangkan dahulu sebelum dikerjakan proses-proses tersebut (Huseini et.al., 2018).

Nilai Kalori. Nilai kalor batubara merupakan sejumlah panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara bahan-bahan yang mudah terbakar seperti karbon, hidrogen dan sulfur dengan koreksi panas penguraian dan panas karena reaksi eksotermis dan endotermis dari pembakaran unsur- unsur pengotor batubara. Dalam pemilihan batubara, nilai kalor menjadi syarat utama pemilihan batubara sebagai bahan bakar (Huseini et.al., 2018). Nilai kalori batubara bergantung pada peringkat batubara. Semakin tinggi peringkat batubara, semakin tinggi nilai kalornya. Nilai kalor pada batubara dipengaruhi oleh kandungan air dan juga kandungan abu. Semakin tinggi air atau abu, semakin kecil nilai kalornya (Avicanna et.al., 2019). Terdapat dua macam nilai kalori yaitu:

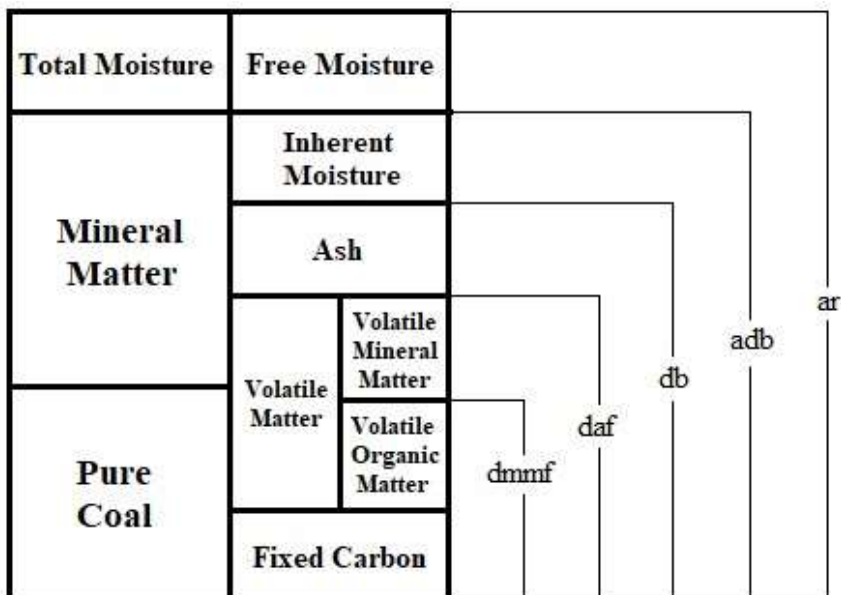
- 1) Nilai kalor bersih (*net calorific value*) merupakan nilai kalor pembakaran dimana semua air dihitung dalam keadaan gas.
- 2) Nilai kalor kotor (*gross calorific value*) merupakan nilai kalor pembakaran dimana semua air dihitung dalam keadaan wujud cair.

$$\text{Sulfur correction \%} = 0,0927 \times \text{total sulfur in coal} \quad (5)$$

$$\text{GCV} \left(\frac{\text{cal}}{\text{gr}} \right) = \text{Heat coal} - \text{sulfur correction} \quad (6)$$

1.5.5 Basis Batubara

Basis batubara atau basis dalam perhitungan hasil analisis kualitas batubara adalah dasar yang digunakan untuk menyatakan nilai dari suatu parameter kualitas batubara dan menginterpretasikan nilai tersebut dalam kondisi tertentu batubara. Interpretasi dari basis tersebut sesuai dengan istilah pada basis batubara. Gambar 4 memperlihatkan basis-basis dalam basis batubara.



Gambar 4. Basis Batubara (Sumber: Riadi, 2018)

Pada Gambar 4 dapat dilihat terdapat enam jenis basis untuk analisis batubara yang dapat diterapkan yaitu *ar*, *adb*, *db*, *daf*, *dmmf* dan *mmmf*.

- *As Received (ar)*

Pada basis *as received* (sebagaimana batubara dalam keadaan diambil dari lapangan) perhitungan hasil tiap parameter batubara dilakukan pada kondisi batubara belum diberikan perlakuan atau masih sama persis seperti yang ada pada lapangan.

- *Air Dried Basis (adb)*

Air dried basis adalah basis pelaporan hasil pengujian batubara dimana batubara telah dikeringkan terlebih dahulu dengan cara diangin-anginkan dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan *surface moisture* sehingga kandungan air yang masih ada hanya *inherent moisture*.

- *Dry Basis (db)*

Pada basis pelaporan *dry basis* batubara yang diuji telah dikeringkan terlebih dahulu agar seluruh kandungan air baik *surface moisture* maupun *inherent moisture*.

- *Dry Ash Free (daf)*

Pada basis pelaporan ini, analisa dilakukan dimana kondisi berat batubara sudah tidak lagi memiliki kandungan air dan juga kandungan abu.

- *Dry Mineral Matter Free (dmmf)*

Dry mineral matter free merupakan basis analisa dimana berat batubara yang dianalisa tidak termasuk berat kandungan total air, bebas abu, dan bebas mineral pengotor sehingga yang hanya tersisa adalah *fixed carbon* dan zat terbang dari batubara sendiri.

$$FC \text{ dmmf} = \frac{(FC - 0,15 \times TS) \times 100}{100 - (IM + 1,08 \times Ash + 0,55 \times TS)} \quad (7)$$

$$VM (dmmf) = 100 - FC (dmmf) \quad (8)$$

- *Moist, Mineral Matter Free (mmmf)*

Moist, Mineral Matter Free menginterpretasikan nilai kualitas batubara pada kondisi batubara tersebut mengandung *moisture* dan tidak mengandung *mineral matter* (Nababan et.al., 2022).

$$CV \text{ mmmf} = \frac{CV \text{ adb} \times 100}{100 - MM} \times 1.80 \quad (9)$$

$$MM = 1,08 \times Ash - 0,55 \times TS \quad (10)$$

1.5.6 Klasifikasi Batubara

Klasifikasi Batubara Berdasarkan Tingkat Energinya. Dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu batubara energi rendah dan batubara energi tinggi.

- Batubara energi rendah (*Brown Coal*)

Jenis batubara yang paling rendah peringkatnya mudah rapuh, lunak, memiliki air tinggi (10-70%) terdiri dari batubara energi rendah lunak (*soft brown coal*) dan batubara lignitik yang memperlihatkan struktur kayu. Nilai kalorinya <7000 kalori per gram.

- Batubara energi tinggi (*Hard Coal*)

Semua jenis batubara yang peringkatnya lebih tinggi dari *brown coal* itu kompak, tidak mudah rapuh, bersifat lebih keras, memiliki kadar air yang relatif rendah, umumnya struktur kayu tidak tampak lagi, dan pada saat penanganan (*coal handling*) relatif tahan terhadap kerusakan fisik. Nilai kalorinya >7000 kalori per gram (dalam bentuk *dry-ASTM*) (Sultan et.al., 2021)

Klasifikasi Batubara Berdasarkan Peringkat (ASTM). Klasifikasi batubara membagi batubara berdasarkan peringkat, tingkat pembatubaraan dan kualitas batubara. Klasifikasi batubara berdasarkan tingkat pembatubaraan, biasanya digunakan untuk menentukan pemanfaatannya. Secara umum batubara digolongkan menjadi empat tingkatan yaitu lignit (*lignite*), sub bituminus (*sub bituminous*), bituminus (*bituminous*), dan antrasit (*antrasite*). Dapat dilihat pada Tabel 2 klasifikasi batubara menurut ASTM (*American Society for testing material*) (ASTM D388, 2014).

Tabel 2. Klasifikasi Batubara (ASTM D388, 2014)

Class	Group	Fixed Carbon (%) dmmf	Volatile Matter (%) dmmf	Calorific Value (Btu/lb) mmmf
Anthracitic	Meta-anthracite	≥ 98	≤ 2	
	Anthracite	92-98	2-8	
	Semianthracite	86-92	8-14	
Bituminous	Low volatile	78-86	14-22	≥ 14.000
	Medium volatile	67-78	22-31	13.000 – 14.000
	High volatile A	< 69	> 31	
	High volatile B High volatile C			11.500 – 13.000

<i>Subbituminous</i>	<i>Subbituminous A</i>			10.500 – 11.500
	<i>Subbituminous B</i>			9.500 – 10.500
	<i>Subbituminous C</i>			8.300 – 9.500
<i>Lignitic</i>	<i>Lignite A</i>			6.300 – 8.300
	<i>Lignite B</i>			< 6.300

- Lignit

Diproduksi dengan proses pertama di dalam tanah gambut yang terkubur. Lignit ditandai dengan kondisi fisik berwarna hitam dan sangat rapuh, nilai kalori rendah, Kadar air tinggi yaitu sekitar 30%-40%, Kadar abu tinggi, dengan nilai kalori sebesar 4.000 – 5.000 kkal/kg. Jenis ini menunjukkan proses tambahan berupa kesamaan struktur dan gejala pelapisan. Endapan ini dapat digunakan untuk kebutuhan yang terbatas dan sederhana karena panas yang dihasilkan sangat kecil.

- Sub Bituminus

Transisi dari lignit ke bitumen. Warnanya hitam dan sudah mengandung lilin. Batubara sub bituminus mengandung zat terbang yang cukup tinggi, Kadar karbon yang lebih tinggi daripada lignit dan memiliki Kadar air total sebesar 15–30% serta nilai kalori 5.000–6.000 kkal/kg. Endapan ini dapat digunakan untuk proses pembakaran yang tidak memerlukan temperatur terlalu tinggi.

- Bituminus

Batubara bituminus ditandai dengan warna hitam mengkilap dan keras, disebut *hardcoal*. Bituminus mudah retak atau rapuh dengan membentuk gumpalan prismatik yang mengandung karbon tinggi yaitu sekitar 80 % dari beratnya dengan Kadar abu dan sulfur rendah. Kadar air total batubara bituminus sampai dengan 15% dan nilai kalori 6.000–7.500 kkal/kg. Jenis ini dapat digunakan untuk keperluan transportasi dan industri.

- Antrasit

Batubara antrasit merupakan batubara peringkat tertinggi dengan nilai kalori lebih dari 7.500 kkal/kg. Batubara antrasit berbentuk padat, keras, berwarna mengkilap tinggi dan pecahannya memperlihatkan pecahan *chocoidal*. Batubara antrasit mengandung 86% - 98% karbon dari beratnya dan mengandung zat terbang kurang dari 5%. Selama proses pembakaran, itu menunjukkan warna biru dengan pemanasan tinggi. Digunakan diberbagai industri besar yang membutuhkan suhu tinggi (Sukandarrumidi, 1995).

1.5.7 Komponen Utama Batubara

Batubara sebagian besar terdiri dari bahan organik, unsur anorganik dalam batubara umumnya juga hadir dalam jumlah yang mempengaruhi kualitas dan akhirnya dapat ditentukan bagaimana batubara akan digunakan kecuali untuk beberapa elemen sangat jarang, setiap unsur telah ditemukan dalam batubara. Batubara sebenarnya tidak mengandung abu, tetapi mengandung zat organik yang berupa mineral. Berdasarkan atas kelimpahannya, maka mineral-mineral pada batubara dapat dibedakan atas: mineral utama (*major minerals*), mineral tambahan (*minor minerals*)

dan mineral jejak (*trace minerals*). Ranton (1982) menggolongkan mineral utama jika kadarnya > 10% berat, mineral tambahan 1-10% dan mineral jejak, 1% berat. Umumnya yang termasuk mineral utama adalah mineral lempung dan kuarsa sedangkan mineral minor yang umum adalah karbonat, sulfida dan sulfur (Annisa dan Hapsari, 2017).

Ash content adalah sisa atau residu pembakaran yang tinggal apabila batubara dipijarkan. Sisa ini merupakan hasil perubahan kimia ketika proses pengabuan terjadi. Residu pembakaran yang tinggal adalah senyawa dan material anorganik, seperti : Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3), Magnesium Oksida (MgO), Natrium Oksida (Na_2O), Kalium Oksida (K_2O), Fosforous (P_2O_5) dan senyawa organik lainnya dalam jumlah kecil yaitu Cd, As, Pb, Zn, Hg dan Ni. Kadar abu dalam batubara penting untuk diketahui karena kadar abu memberikan indikasi besar terhadap batubara, mencerminkan banyaknya bahan mineral dalam batubara juga mencerminkan nilai kalor yang terdapat dalam batubara (makin tinggi kadar abu maka nilai kalornya akan berkurang) (Malik et.al., 2022).

Silika (SiO_2) merupakan salah satu mineral kuarsa yang paling penting terdapat dalam batubara. Silika merupakan salah satu komponen yang paling dominan jumlahnya yaitu sekitar 30-36%. Ada dua tipe dari silika yang dapat dibedakan berdasarkan daripada teksturnya yaitu: butiran kuarsa klastik berbentuk bulat jika terendapkan melalui media air dan berbentuk menyudut jika melalui media angin. Tipe lainnya adalah kuarsa kristal halus yang terbentuk dari larutan setelah pengendapan batubara. Kuarsa dalam batubara ini kebanyakan merupakan silika yang terlarut dari hasil pelapukan felspar dan mika (Nursanto et.al., 2011).

1.5.8 Pengaruh Kandungan Silika (SiO_2) Terhadap Pemanfaatan Batubara

Masalah utama yang dihadapi dalam pemanfaatan batubara adalah penumpukan abu batubara pada boiler. Penumpukan ini disebabkan karena adanya unsur-unsur logam yang dapat mengurangi efisiensi boiler secara drastis serta menyebabkan korosi dan erosi pada boiler. Abrasi dan aktivitas peralatan juga dapat menjadi masalah pada pemanfaatan batubara. Abrasi disebabkan oleh konsentrasi ukuran partikel yang tinggi atau besar yang disebabkan oleh kadar silika (SiO_2) (Sira et.al., 2021).

Komponen utama dari abu batubara yang berasal dari industri adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Banyaknya industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar meninggalkan sejumlah permasalahan serius karena abu sisa yang dihasilkan mengandung logam-logam berat yang signifikan jumlahnya. Pelepasan abu sisa pembakaran akan berdampak buruk bagi lingkungan sehingga perlu adanya penanganan khusus untuk mengatasi dampak tersebut salah satunya dengan memanfaatkan limbah menjadi material baru yang mempunyai nilai ekonomis (Malik et.al., 2022).

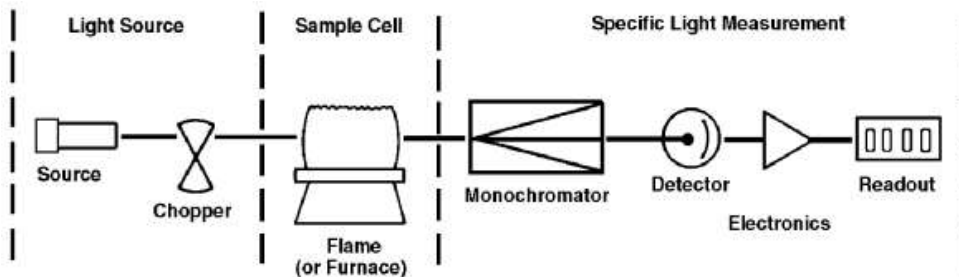
Viskositas lumpur yang tinggi disebabkan oleh adanya silika yang dapat mengurangi kinerja dan umur alat yang digunakan pada proses pengolahan batubara

apabila tidak dilakukan perawatan dan pengawasan pada proses pengolahan. Beberapa langkah yang dapat diterapkan dalam mengurangi dampak yang ditimbulkan karena keterdapatannya silika pada batubara yaitu *desulfurisasi* dan *deashing*, selain untuk meningkatkan kualitas batubara juga merupakan usaha untuk mengurangi unsur-unsur yang menjadi penyebab terjadinya pencemaran lingkungan (Sira et.al., 2021).

1.5.9 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Spektrometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektrometri ialah Spektrometri Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Sari, 2016).

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) merupakan suatu teknik analisis yang didasarkan pada absorbansi sinar yang bersifat spesifik oleh atom bebas pada panjang gelombang tertentu. Menurut Khopkar (1990) menyatakan AAS adalah metode yang sangat tepat untuk menganalisis zat pada konsentrasi rendah. Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur. Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen yaitu unit teratomisasi, sumber radiasi, sistem pengukur fotometerik. Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia.



Gambar 5. Instrumentasi pada Alat AAS (Richard, 1993)

Cara kerjanya berdasarkan atas proses penguapan dari larutan sampel, logam yang terdapat pada larutan sampel akan berubah menjadi atom bebas. Atom akan mengabsorpsi radiasi yang berasal dari sumber sinar yang dipancarkan oleh lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp*) yang didalamnya telah mengandung unsur

yang akan dianalisis. Jumlah penyerapan radiasi akan diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Sari, 2016).

Sinar yang berasal dari lampu katoda dengan panjang gelombang yang sesuai dengan unsur yang uji, akan dilewatkan kepada atom dalam nyala api sehingga elektron pada kulit terluar dari atom naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Penyerapan yang terjadi berbanding lurus dengan banyaknya atom dalam keadaan bebas yang berada dalam nyala. Sinar yang tidak diserap oleh atom akan diteruskan dan dipancarkan pada detektor, kemudian diubah menjadi sinyal yang terukur.

Sinar yang diserap disebut absorbansi dan sinar yang diteruskan disebut emisi. Adapun hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari hukum Lambert-Beer yang menjadi dasar dalam analisis kuantitatif secara AAS. Hubungan tersebut dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

Hukum Lambert: "Jika sinar monokromatik dilewatkan melalui suatu lapisan larutan dengan ketebalan (db), maka penurunan intensitas sinar (dI) karena melewati lapisan larutan tersebut berbanding langsung dengan intensitas radiasi (I), konsentrasi spesies yang menyerap (c), dan dengan ketebalan lapisan larutan (db) yang mengabsorpsi.

Hukum Beer: "Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut" (Putri, 2017).

Hubungan tersebut dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$-dI = a \cdot I \cdot c \cdot db \quad (11)$$

bila diintegrasikan, maka diperoleh persamaan:

$$I = I_0 \cdot e^{-a \cdot b \cdot c} \quad (12)$$

dan bila persamaan di atas diubah menjadi logaritma basis 10, maka akan diperoleh persamaan:

$$I = I_0 \cdot 10^{-a \cdot b \cdot c} \quad (13)$$

maka persamaan di atas, dapat diubah menjadi persamaan:

$$\text{Log} \left(\frac{I_0}{I} \right) = a \cdot b \cdot c \quad (14)$$

$$A = a \cdot b \cdot c \quad (\text{Hukum Lambert-Beer}) \quad (15)$$

dengan,

A = absorbansi

a = Koefisien absorbtivitas molar (L/mol.cm)

b = panjang jejak sinar dalam medium berisi atom penyerap (cm)

c = konsentrasi larutan (mol/L)

I_0 = intensitas sinar mula-mula (W/m^2)

I = intensitas sinar yang diteruskan (W/m^2)

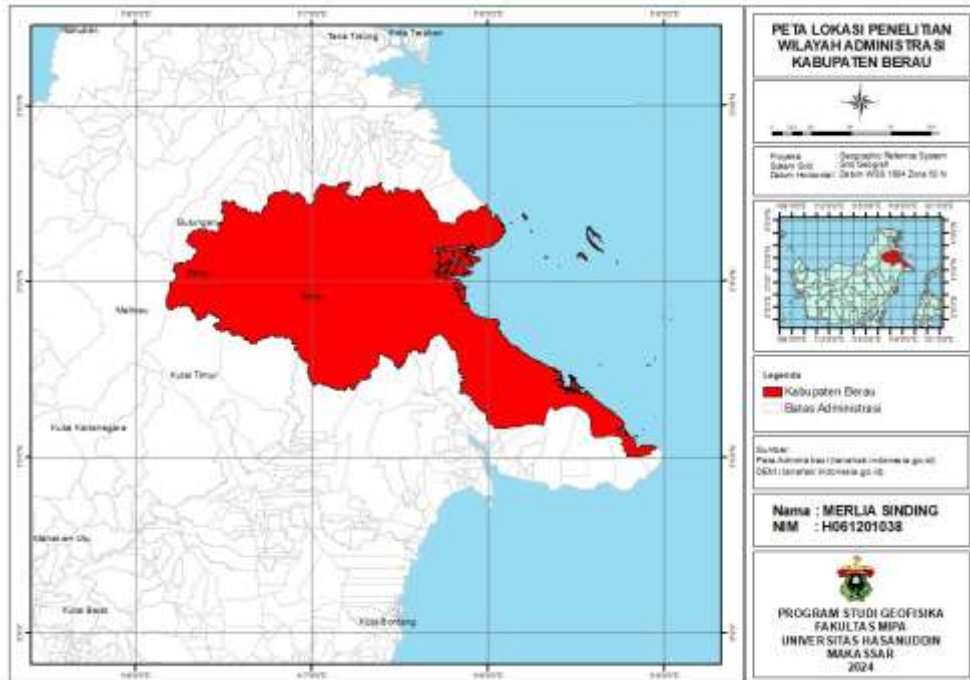
Pada Persamaan 15 tersebut menyatakan bahwa besarnya absorbansi berbanding lurus dengan kadar atom-atom pada tingkat energi dasar, dengan demikian, dari pemplotan serapan dan konsentrasi unsur dalam larutan standar diperoleh kurva kalibrasi (Aprilia et.al., 2015).

- 1) Sumber sinar, sumber sinar yang paling sering digunakan pada AAS adalah lampu katoda cekung (*hollow cathode lamp*). Lampu katoda cekung terdiri dari anoda dan katoda dimana kedua elektroda berada dalam tabung gelas yang diisi dengan gas Neon (Ne) dan Argon (Ar) yang memiliki tekan rendah.
- 2) *Chopper*, digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari sumber radiasi dan radiasi yang berasal dari nyala api.
- 3) Atomisator/pembakar, untuk mengatomisasi logam-logam yaitu mengubah sampel menjadi atom bebas sehingga dapat menyerap energi radiasi yang diberikan.
- 4) Monokromator, berfungsi memisahkan radiasi dari lampu katoda yang telah melalui pembakar dengan radiasi-radiasi lain yang dihasilkan oleh pembakar. Memilih panjang gelombang spesifik yang sesuai dengan transisi elektronik dari unsur yang diukur.
- 5) Detektor, berfungsi mengubah sinyal radiasi (intensitas cahaya) menjadi sinyal listrik.
 - Cahaya memukul fotokatoda, memicu pelepasan fotoelektron melalui efek fotoelektrik.
 - Fotoelektron dipercepat ke dinode, menghasilkan pelepasan elektron sekunder.
 - Elektron sekunder dikumpulkan oleh anoda, menghasilkan arus listrik.
 - Sinyal listrik diperkuat dan dikirim ke sistem pengolahan data.
- 6) Amplifier, untuk memperkuat sinyal listrik yang dihasilkan oleh detektor. Sinyal listrik yang dihasilkan biasanya sangat lemah dan memerlukan penguatan lebih lanjut. Amplifier elektronik digunakan untuk memperkuat sinyal listrik ini agar dapat diproses dan dianalisis lebih lanjut oleh sistem pengolahan data.
- 7) *Recorder*, berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi tampilan data. Mengonversi sinyal listrik dari detektor menjadi data kuantitatif mengenai konsentrasi unsur dalam sampel (Arora, 2014).

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada cakupan wilayah Berau, Kalimantan Timur dengan koordinat antara 116°0'0" - 119°0'0" BT dan 1°0'0" - 3°0'0" LU.



Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *ArcGis 10.8*, *OriginPro 9.0*, *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*, *Microsoft Excel* dan *Laptop*.

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder berupa data analisis proksimat untuk menentukan kadar air (*inherent moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*), data total sulfur, data nilai kalori dan data kandungan SiO_2 dalam batubara. Data ini merupakan data tahun 2023 di daerah X, wilayah Berau Kalimantan Timur.

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dalam tiga tahap yaitu tahap persiapan, pengumpulan data dan tahap pengolahan data.

2.3.1 Tahap Persiapan

Sebelum melakukan penelitian, penulis melaksanakan studi pustaka atau literatur yakni mencari berbagai informasi dan referensi mengenai penelitian yang akan dilakukan. Informasi atau referensi yang didapatkan berupa jurnal atau paper dari hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh pihak sebelumnya berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan oleh penulis. Selain itu, dapat berupa buku mengenai objek penelitian.

2.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berada di daerah X, Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur.

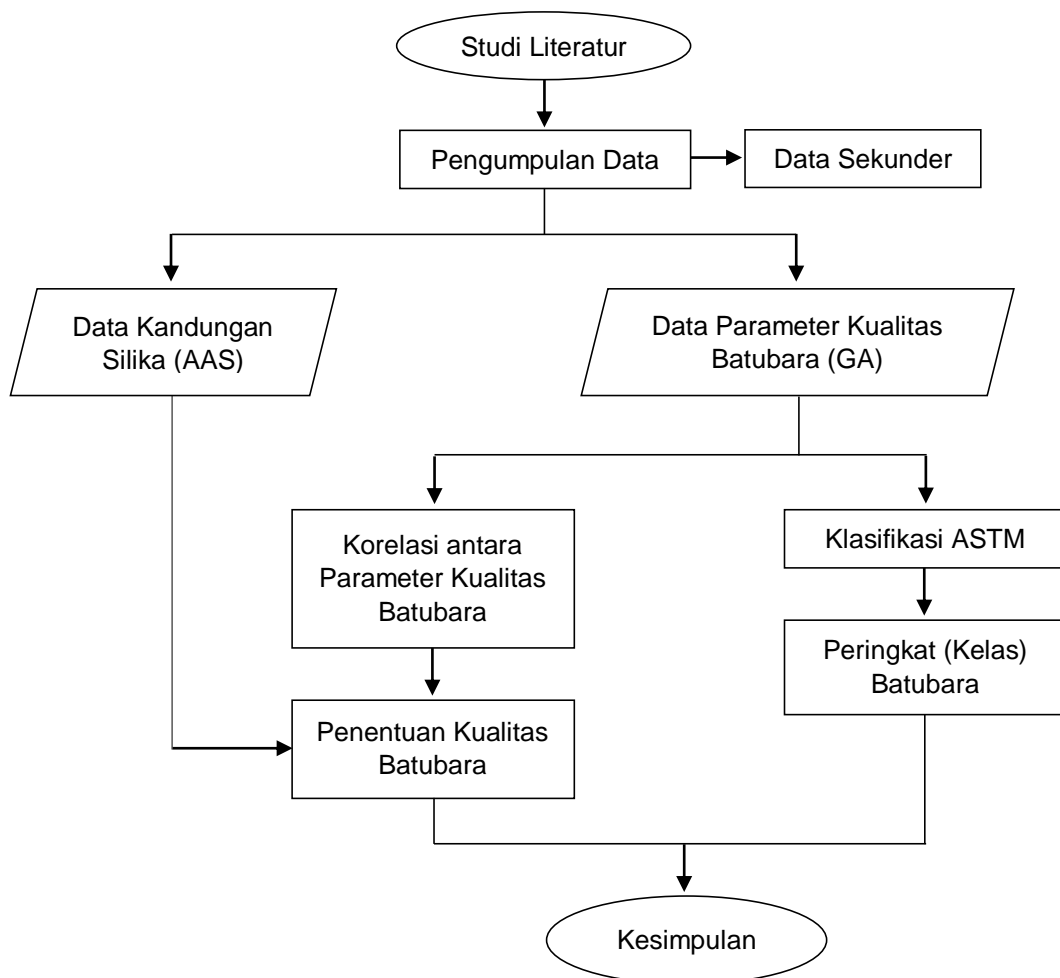
2.3.3 Tahap Pengolahan Data

Menentukan Kualitas Batubara Berdasarkan Kandungan Silika (SiO_2). Menentukan kualitas batubara berdasarkan kandungan Silika (SiO_2) yang telah diuji dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry*. Dari data tersebut kemudian diolah menggunakan *software OriginPro 9.0* untuk melihat grafik kandungan Silika (SiO_2) di setiap titik dan pengaruhnya dalam pemanfaatan batubara.

Menentukan Kualitas Batubara Berdasarkan Uji *General Analysis*. Menentukan kualitas batubara dengan mengkorelasikan antara parameter kualitas batubara yaitu pengaruh kandungan air terhadap nilai kalor, pengaruh kandungan abu dan karbon tertambat terhadap nilai kalor, serta pengaruh rasio karbon tertambat, zat terbang dan sulfur terhadap nilai kalor. Data yang digunakan menggunakan basis *adb* yang diolah menggunakan *software OriginPro 9.0*.

Menentukan Klasifikasi Peringkat Batubara Berdasarkan ASTM. Data kualitas batubara (basis *adb*) berupa kadar karbon, zat terbang, kandungan air, kandungan abu dan kandungan sulfur batubara kemudian diolah menurut ASTM untuk mengklasifikasikan peringkat batubara daerah penelitian dengan didasarkan dari parameter nilai kalori, zat terbang dan kadar karbon yang dikandung batubara dalam basis *dmmf* dan *mmmf*. Terlebih dahulu dilakukan konversi basis batubara dari basis *adb* menjadi basis *dmmf* dengan *Parr formulas*.

2.4 Bagan Alir



Gambar 7. Bagan Alir Penelitian