

SKRIPSI

**ANALISIS KETERCUCIAN BATUBARA BONEHAU KABUPATEN MAMUJU
PROVINSI SULAWESI BARAT DENGAN MENGGUNAKAN
METODE DENSE MEDIUM SEPARATION**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANDI AL AMIRUL MU'MININ KADIR
D111 17 1013**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****ANALISIS KETERCUCIAN BATUBARA BONEHAU KABUPATEN
MAMUJU PROVINSI SULAWESI BARAT DENGAN
MENGUNAKAN METODE DENSE
MEDIUM SEPARATION**

Disusun dan diajukan oleh

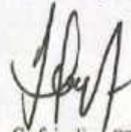
ANDI AL AMIRUL MU'MININ KADIR

D1111 17 1013

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 5 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Sufriadin, ST., MT.
NIP.196608172000121001

Ketua Program Studi,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT.
NIP.197010052008012026



PERNYATAAN KEASLIAN

PERYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andi Al Amirul Mu'minin Kadir
NIM : D111171013
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis ketercucian batubara Bonehau Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat dengan menggunakan metode *dense medium separation*.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Januari 2024



Yang Menyatakan

Andi Al Amirul M. K.
D111171013



ABSTRAK

Andi Al Amirul Muminin Kadir. *ANALISIS KETERCUCIAN BATUBARA BONEHAU KABUPATEN MAMUJU PROVINSI SULAWESI BARAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE DENSE MEDIUM SEPARATION* (dibimbing oleh Dr. Sufriadin, ST., MT)

Sumber daya batubara di Indonesia tersebar di Kalimantan dan Sumatera serta sebagian kecil terdapat di Jawa Barat, Sulawesi bagian selatan dan Papua. Potensi batu bara Provinsi Sulawesi Barat yang terdapat di Kecamatan Bonehau, Kabupaten Mamuju mencapai 232 ton per tahun. Kadar abu yang tinggi menjadi salah satu penyebab rendahnya kualitas batubara itu sendiri, sehingga dibutuhkan proses pengurangan kadar abu, untuk meningkatkan kualitas batubara. Hal ini dilakukan dengan metode *dense medium separation* yang terbagi dalam beberapa fraksi ukuran. Pencucian dilakukan dengan larutan *Perchloroethylene* (densitas $1,6 \text{ g/cm}^3$) dan larutan *Washbensin* (densitas $0,7 \text{ g/cm}^3$) sebagai media pencucian yang terbagi atas empat densitas, mulai dari densitas 1,3, 1,4, 1,5, dan $1,6 \text{ g/cm}^3$ pada tiga ukuran fraksi yang berbeda (16 *Mesh*, 10 *Mesh*, dan 4 *Mesh*). Analisis awal pada nilai kadar abu batubara Bonehau adalah 19% dan nilai sulfur total adalah 2,66%. Pencucian batubara menghasilkan kadar abu yang berbeda pada tiap fraksi ukuran dengan densitas pemisah yang berbeda. Pada media densitas pemisah 1,4 dengan fraksi ukuran 4, 10 dan 16 *mesh* berurut-turut pada abu adalah 2,77 %, 2,91%, 4,00%. %. Tingkat kesulitan pencucian batubara sangat sulit atau formidable berdasarkan kurva densitas relatif $\pm 0,1$ pada densitas pemisah 1,4 yang menunjukkan angka diatas 25%

Kata kunci : Pencucian Batubara; Bonehau; *Dense Medium Separation*; Batubara; Kadar Abu



ABSTRACT

Andi Al Amirul Muminin Kadir. *ANALYSIS OF BONEHAU COAL LEACHING MAMUJU DISTRICT WEST SULAWESI PROVINCE USING DENSE MEDIUM SEPARATION METHOD (supervised by Dr. Sufriadin, ST., MT)*

Coal resources in Indonesia are spread across Kalimantan and Sumatra and a small portion is in West Java, southern Sulawesi and Papua. The coal potential of West Sulawesi Province in Bonehau District, Mamuju Regency reaches 232 tons per year. High ash content is one of the causes of low quality of coal itself, so a process of reducing ash content is needed to improve coal quality. This is done using the dense medium separation method which is divided into several size fractions. Washing is carried out with Perchlorethylene solution (density 1.6 g/cm³) and Washbenzin solution (density 0.7 g/cm³) as washing media which is divided into four densities, starting from density 1.3, 1.4, 1.5, and 1.6 g/cm³ in three different fraction sizes (16 Mesh, 10 Mesh, and 4 Mesh). Initial analysis of the ash content value of Bonehau coal is 19% and the total sulfur value of Bonehau coal is 2.66%. Coal washing produces different ash values for each size fraction with different separation densities in the 1.4 fraction, the 4, 10 and 16 mesh size fractions are 2.77%, 2.91%, 4.00% respectively. The level of difficulty of coal washing is very difficult or formidable based on the relative density curve of ± 0.1 at a separation density of 1.4 which shows a figure above 25%

Keywords : Coal Washing; Bonehau; Dende Medium Separation; Coal; Ash Content



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Batubara.....	5
2.2 Pembentukan Batubara.....	6
2.3 Klasifikasi Batubara.....	9
2.4 Analisis Batubara.....	12
2.5 Pencucian Batubara Dengan Metode Konsentrasi Gravitasi.....	17
2.6 Dense Medium Separation.....	19
2.7 Kurva Ketercucian Batubara.....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Lokasi Penelitian.....	27
3.2 Studi Literatur.....	28
3.3 Preparasi Sampel Batubara.....	28
3.4 Analisis Sampel Awal.....	31
3.5 Pencucian Batubara.....	36
3.6 Analisis Sampel Akhir.....	38
3.7 Bagan Alir Penelitian.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Pencucian Batubara.....	40
4.2 Analisis Kadar Abu Setelah Pemisahan.....	42
4.3 Karakteristik Dan Kurva Ketercucian batubara.....	43
4.4 Tingkat Kesulitan Pencucian.....	51
KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
Kesimpulan.....	53
Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Contoh batubara	5
Gambar 2 Proses pembentukan batubara	8
Gambar 3 Prosedur uji endap apung (Laskowski, 2001)	21
Gambar 4 Bentuk kurva ketercucian.....	26
Gambar 5 Peta titik pengambilan sampel.....	27
Gambar 6 Alat jaw crusher	28
Gambar 7 Quartering sampel	29
Gambar 8 Penggerusan menggunakan agate mortar	30
Gambar 9 Proses pengayakan	31
Gambar 10 Muffle Furnace.....	32
Gambar 11 Hasil analisis mikroskopis.....	34
Gambar 12 ALat XRD	35
Gambar 13 Hasil analisis XRD	36
Gambar 14 Bagan alir penelitian.....	39
Gambar 15 Kurva ketercucian batubara bonehau 4 mesh.....	45
Gambar 16 Kurva ketercucian batubara bonehau 10 mesh.....	47
Gambar 17 Kurva ketercucian batubara bonehau 16 mesh.....	50



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perubahan komposisi kayu ke batubara (Pasymi, 2008).....	9
Tabel 2 Nilai komposisi batubara lignit	11
Tabel 3 Nilai Komposisi Batubara Sub-bituminus	11
Tabel 4 Nilai Komposisi Batubara Bituminus	12
Tabel 5 menunjukkan komposisi dari batubara Antrasit.....	12
Tabel 6 Contoh data dari perhitungan pencucian batubara	23
Tabel 7 Volume penggunaan masing-masing larutan	37
Tabel 8 Hasil pemisahan batubara ukuran 4 Mesh	40
Tabel 9 Hasil pemisahan batubara ukuran 10 Mesh	41
Tabel 10 Hasil pemisahan batubara ukuran 16 Mesh	41
Tabel 11 Kadar abu setelah pencucian.....	43
Tabel 12 Ketercucian batubara Bonehau fraksi 4 Mesh	44
Tabel 13 Ketercucian batubara Bonehau fraksi 10 Mesh	46
Tabel 14 Ketercucian batubara Bonehau fraksi 16 Mesh	49
Tabel 15 Klasifikasi bird untuk mentukan kesulitan pencucian	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data peak dari analisis XRD	55
Lampiran 2 Perhitungan volume larutan.....	56
Lampiran 3 Lembar asistensi	57



KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya kepada kita semua untuk terus menuntut ilmu sebagai bentuk ketaatan kepada sang pemilik ilmu pengetahuan. Shalawat serta salam atas junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW, manusia terbaik yang senantiasa ruku' dan sujud kepada Allah SWT dalam rangka menegakkan panji-panji kebenaran di muka bumi ini.

Skripsi dengan judul “Analisis ketercucian batubara Bonehau Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat dengan menggunakan metode *dense medium separation*” akhirnya dapat terselesaikan dengan baik dengan dinamika yang mendalam dilalui dalam proses penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan serta ilmu yang bermanfaat. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan semoga dicatat sebagai sebutir kebaikan oleh Allah SWT.

Tidak ada kata yang layak untuk menggambarkan besarnya rasa terimakasih penulis bagi semua pihak yang telah memberikan dukungan, tenaga, serta ilmunya dalam penyusunan laporan Tugas Akhir yang sederhana ini. Penulis berharap dengan selesainya Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan berkat bagi semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan ini.

Terima kasih pula penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Sufriadin, ST., MT selaku Pembimbing utama yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih yang tiada henti kepada Bapak Abd. Kadir dan Ibu Warnida atas segala doa yang telah dipanjatkan, ridho yang senantiasa diberikan serta rasa cinta yang tiada henti diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Terima kasih pula penulis haturkan kepada Kakak Akmal ST., MT. atas segala bantuan dan semangat yang diberikan kepada



Perjalanan panjang penulis dalam dunia perkuliahan hingga penyusunan skripsi tidak lepas dari bantuan, semangat, diskusi yang bermanfaat dan dinamika panjang pertemanan oleh teman-teman di Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin Angkatan 2017 (Continuity 2017) tetap genggam tali persaudaraan diantara kita, Panjang umur untuk hal-hal baik, terimakasih saudara-saudaraku. Terima kasih pula penulis sampaikan kepada organisasi tercinta Persatuan Mahasiswa Tambang Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (PERMATA FT-UH) wadah dalam berproses, mengembangkan softskill, tetap dalam koridor keilmuan dan pergerakan kemahasiswaan untuk sebuah perjuangan dalam menimpa problematika kampus dan kebenaran yang memberikan manfaat kepada seluruh anggotanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan permohonan maaf atas semua kekurangan yang dijumpai dalam proses penyusunan skripsi ini.



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan batuan sedimen organik yang berfungsi sebagai bahan bakar yang terbentuk melalui proses penguraian tumbuhan-tumbuhan secara biokimia, kimia, dan fisika dalam kondisi bebas oksigen pada tekanan dan temperatur yang sangat tinggi dan dalam kurung waktu yang sangat lama. Batubara yang mengandung banyak pengotor berasal dari proses pembentukan batubara (*coalification*) atau pada saat proses penambangan. Elemen pengotor yang terdapat pada batubara seperti, sulfur dan berbagai mineral yang terdapat pada abu batubara (Speight, 2005). Sumberdaya batubara di Indonesia mencapai sebesar 548 juta ton atau 113%. Saat ini pembangkit listrik dan sektor industry merupakan konsumen terbesar dalam batubara di dalam negeri. Kategori kualitas batubara sedang-tinggi diantaranya yaitu berupa sub-bituminus (26,63%), bituminous (14,38%) dan antrasit (0,36%) (Sukandarrumidi, 2006).

Sulfur yang terdapat dalam batubara dapat berbentuk senyawa organik atau anorganik seperti pirit, markasit, dan sulfat. Sulfur yang terdapat dalam bahan bakar apabila dioksidasi akan menghasilkan gas sulfur dioksida (Anggayana 2002). Abu batubara (*coal ash*) adalah zat anorganik yang tertinggal setelah proses pembakaran (*incineration*) dalam kondisi standar sampai diperoleh berat yang tetap. Dalam batubara terdapat elemen yang berpotensi menjadi racun, yaitu abu terbang atau *fly ash* (Meshram *et., al*, 2014)

Batubara dalam pemanfaatannya terlebih dahulu harus melalui proses pengolahan untuk meningkatkan kualitas batubara yang optimal sesuai target yang telah ditetapkan. Batubara hasil penambangan dapat diolah dengan berbagai metode, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu dengan melakukan pencucian (*coal washing*) (Cheney, 2005). Pencucian merupakan usaha yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas batubara, agar batubara tersebut memenuhi

nggunaan tertentu. Termasuk di dalamnya untuk mengurangi impuritis
c. Karakteristik batubara dan impuritis yang utama dapat ditinjau dari
cucian secara mekanis, ialah komposisi ukuran yang disebut *size*



reduction dan perbedaan berat jenis dari material yang dipisahkan (Elliot, 1981).

Pencucian batubara adalah proses pemisahan kotoran dan mineral dari batubara mentah untuk meningkatkan kualitasnya sebelum digunakan atau dijual. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar mineral, abu, belerang, dan bahan lain yang tidak diinginkan dalam batubara. Pencucian batubara dapat dilakukan dengan berbagai metode, tergantung pada tujuan dan jenis batubara yang akan dicuci (Pujobroto, 1997).

Dense Medium Separation (DMS) merupakan metode pemisahan mineral dan batubara dengan berdasarkan *specific gravity* yang dikenal dengan proses tenggelam dan terapung (*sink and float*). *Dense Medium Separation* (DMS) digunakan pada batubara dengan syarat material batubara tidak boleh terlalu halus, karena apabila material bersatu dengan air akan membentuk suspensi yang tinggi dan lebih kental. Proses pencucian menghasilkan dua produk, yaitu *sink* yang merupakan produk batubara berat (tidak diinginkan) dan *float* yang merupakan produk batubara ringan (yang diinginkan) Oleh karena itu, penelitian tentang penurunan kadar abu dapat dilakukan melalui proses pencucian batubara dengan metode *Dense Medium Separation* (Rao, et, all., 2016)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui kualitas awal dari sampel batubara Bonehau dan mengetahui informasi kandungan abu dan berat yang didapatkan dari hasil pencucian sampel batubara Bonehau juga menentukan bagaimana tingkat kesulitan pencucian batubara Bonehau menggunakan metode *dense medium separation*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dilakuk an dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kualitas awal dari sampel batubara Bonehau.



Mengetahui kandungan abu dan berat batubara yang dihasilkan dari hasil di endap apung dengan menggunakan metode *Dense medium separation*

3. Menentukan tingkat kesulitan pencucian batubara Bonehau dengan menggunakan metode *Dense Medium Separation*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai referensi tentang karakteristik ketercucian batubara Bonehau Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat. Penelitian ini juga sebagai bentuk pengaplikasian dalam pemahaman mengenai salah satu proses penurunan kadar abu pada batubara menggunakan metode *Dense Medium Separation* yaitu *Float and Sink Analysis*.

1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama ± 2 bulan yaitu dari bulan Mei-Juli 2023. Adapun tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Tahapan persiapan merupakan tahapan paling awal untuk dilakukan sebelum melakukan penelitian yang meliputi persiapan administrasi dan persuratan yang terkait dalam penelitian, pengumpulan referensi atau literatur mengenai masalah yang diteliti agar dapat menunjang penelitian, persiapan bahan-bahan yang digunakan dan konsultasi dengan pembimbing tugas akhir.

2. Studi Literatur

Tahapan studi literatur dilakukan sebelum dan selama penelitian berlangsung hingga penyusunan tugas akhir. Penelitian diawali dengan kajian kepustakaan untuk menunjang dan memahami *state of the art* dari topik yang akan diteliti dan sebagai petunjuk dalam menentukan rancangan penelitian serta persiapan yang menyangkut segala sesuatu yang dibutuhkan dalam proses penyusunan tugas akhir. Studi literatur yang dapat dikaji dapat melalui jurnal, buku, artikel dan referensi lainnya yang berkaitan dengan masalah yang akan dikaji pada penelitian.

Penelitian di Laboratorium

Tahapan penelitian di laboratorium meliputi tahapan preparasi sampel,



pemanggangan reduksi, hingga analisis umpan dan produk dari sampel hasil pemisahan secara magnetik. Tahapan preparasi sampel merupakan tahapan mereduksi ukuran butir sampel batuan hingga berukuran kecil sesuai keperluan analisis laboratorium.

4. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data merupakan tahapan pengumpulan dan analisis data yang daripadanya diperoleh pemecahan dari permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini. Data hasil analisis berupa difraktogram XRD.

5. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahapan ini merupakan tahapan paling akhir yang dilakukan dalam rangkaian kegiatan penelitian. Seluruh hasil penelitian akan disusun dan dilaporkan secara sistematis sesuai aturan penulisan buku putih yang telah ditetapkan oleh Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

6. Seminar dan Penyerahan Laporan

Laporan tugas akhir akan dipresentasikan pada seminar hasil dan ujian siding. Tahapan ini dimaksudkan untuk memaparkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, melalui tahapan ini akan didapatkan saran-saran untuk menyempurnakan laporan tugas akhir dari tim penguji, pembimbing dan peserta seminar. Laporan tugas akhir yang telah direvisi selanjutnya diserahkan ke Departemen Teknik Pertambangan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Batubara

Batubara adalah batuan organik yang pada umumnya terbentuk dari fosil tumbuhan yang telah mati dan terendapkan, berwarna gelap, serta terasosiasi oleh kandungan mineralnya. Proses pembentukan batubara dipengaruhi oleh tipe lingkungan pengendapan (*insitu* atau *drift*), temperatur dan juga tekanan. Kandungan utama yang terdapat dalam batubara adalah atom karbon, hydrogen, dan oksigen. Batubara dalam teknik kimia dapat digunakan dalam bentuk briket (*coal briquetting process*), bentuk arang/kokas (*coal carbonization process*), bentuk cair (*coal liquefaction process*), dan bentuk gas (*coal gasification process*) batubara dikenal juga sebagai “emas” hitam. Masyarakat mengenalnya sebagai batu hitam yang bisa terbakar. Hal itu tidak salah karena tampilan dilapangan menunjukkan perbedaan kontras antara batubara dan batuan sekitarnya. Berikut adalah contoh batubara yang dapat dilihat pada gambar 1 dibawa ini (Sukandarrumidi, 1995).



Gambar 1 Contoh batubara



Batubara dalam bidang energi merupakan sumber energi yang sangat melimpah dan juga bermutu. Sebagai bahan bakar batubara dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi primer utama di dunia sebelum ditemukannya cadangan minyak bumi. Batubara dalam bidang lingkungan merupakan salah satu faktor pencemaran lingkungan karena *flue* gas hasil pembakaran batubara mengandung CO_x, SO_x, dan NO_x dalam jumlah yang banyak. Akan tetapi, batubara sebagai bahan bakar yang sangat penting terhadap pemanasan global disamping sebagian berupaya mendorong untuk pengembangan teknologi yang bersih dan ramah lingkungan sedangkan dalam bidang ekonomi batubara memiliki prospek ekonomi yang sangat baik (Arif, 2014).

Batubara merupakan sumber energi alternatif yang sangat penting dalam perkembangan laju pembangunan dan pertumbuhan ekonomi. Meningkatnya harga batubara, meningkat pula upaya yang dilakukan oleh berbagai pihak untuk mengeksploitasi dan memanfaatkan batubara yang ada di berbagai daerah di Indonesia sebagai bahan galian strategis dan menempati posisi yang sangat penting dalam pembangunan nasional. Oleh sebab itu, posisi batubara sebagai bahan bakar alternatif sangat diharapkan dapat mengatasi krisis energi dengan meningkatkan keperluan domestik sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik (Finklman *et, all.*, 2002).

Batubara sebagai sumber energi mengalami pertumbuhan yang sangat pesat selama bertahun-tahun dibandingkan dengan pertumbuhan daripada gas, minyak nuklir, air dan sumber daya pengganti lainnya. Total produksi batubara di Indonesia sekitar 25% digunakan untuk kepentingan dalam negeri sedangkan 75% di ekspor keluar negeri. Saat ini hampir 70% produksi batubara Indonesia dalam negeri dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik dalam perusahaan listrik negara dan sekitar 10% digunakan untuk pembuatan semen (Arif, 2014).

2.2 Pembentukan Batubara



Pembentukan batubara memerlukan kondisi-kondisi tertentu dan hanya terjadi era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman Karbon, kira-kira 340 juta tahun lalu adalah masa pembentukan batubara yang paling produktif dimana seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi

bagian utara terbentuk. Pada Zaman Permian, kira-kira 270 juta tahun yang lalu, juga terbentuk endapan-endapan batu bara yang ekonomis di belahan bumi bagian selatan, seperti Australia, dan berlangsung terus hingga ke Zaman Tersier (70 - 13 juta tahun yang lalu) di berbagai belahan bumi lain (Firth, 1998).

Terdapat dua teori yang menjelaskan proses pembentukan batubara yaitu :

1. Teori *In situ*, teori ini mengatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara, terbentuknya di tempat dimana tumbuh-tumbuhan asal batubara itu berada. Dengan demikian segera setelah tumbuhan tersebut mati, belum mengalami proses transportasi, tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalificatio*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran yang luas dan merata dengan kualitas yang baik, karena abunya relatif kecil. Batubara yang terbentuk menurut teori *In situ* terdapat di Muara Enim, Sumatera Selatan.
2. Teori Drift, Teori ini menyebutkan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadinya di tempat yang berbeda dengan tempat asalnya. Dengan demikian tumbuhan yang telah mati terbawa oleh arus air dan berakumulasi di suatu tempat. Batubara yang terbentuk menurut Teori ini terdapat di Mahakam Purba, Kalimantan Timur.

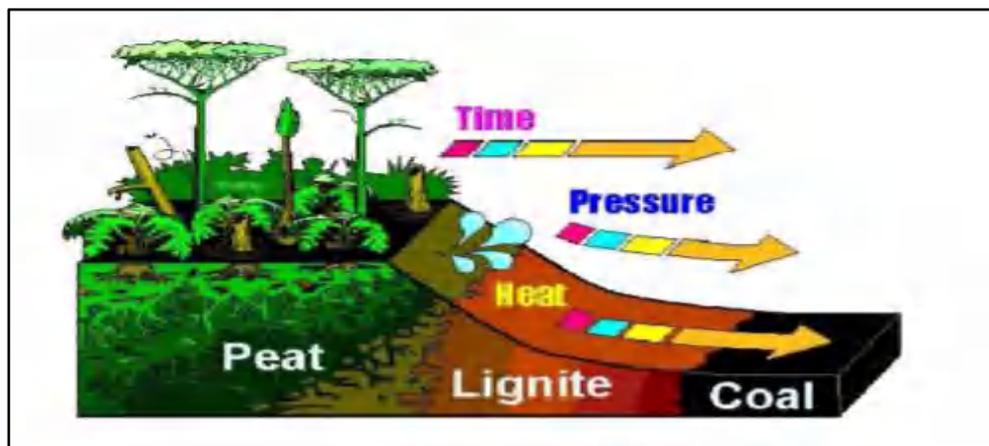
Batubara dapat dianggap sebagai batuan sedimen yang mudah terbakar, yang terbentuk secara anorganik dari sisa tanaman (tanaman yang tinggi akan ganggang dan jamur) dan dari jaringan yang berbeda seperti daun, tangkai, batang kayu, kulit kayu, serbuk sari, spora, *sclerotia*, dan resin dimana material pembentuk batubara merupakan tumbuhan, berikut jenis-jenis tumbuhan pembentuk batubara dan umurnya menurut Diessel (1981) adalah sebagai berikut (Wahyudiono, 2003):

- a. *Algae*, dari Zaman Pre-kambrium hingga *Ordovisium* dan bersel tunggal. Sangat sedikit endapan batu bara dari perioda ini.
- b. *Silofita*, dari Zaman Silur hingga *Devon* Tengah, merupakan turunan dari *algae*. Sedikit endapan batu bara dari perioda ini.
- c. *Pteridofita*, umur *Devon* Atas hingga Karbon Atas. Materi utama

pembentuk batu bara berumur Karbon di Eropa dan Amerika utara. Tumbuhan tanpa bunga dan biji, berkembang biak dengan spora dan tumbuh di iklim hangat.



- d. *Gymnospermae*, kurun waktu mulai dari Zaman Permian hingga Kapur Tengah. Tumbuhan heteroseksual, biji terbungkus dalam buah, semisal pinus, mengandung kadar getah (*resin*) tinggi. Jenis *Pterydospermae* seperti *gangamopteris* dan *glossopteris* adalah penyusun utama batubara Permian seperti di Australia, India dan Afrika.
- e. *Angiospermae*, dari Zaman Kapur Atas hingga kini. Jenis tumbuhan modern, buah yang menutupi biji, jantan dan betina dalam satu bunga, kurang bergetah dibanding *gymnospermae*.



Gambar 2 Proses pembentukan batubara

Proses pembentukan batubara yang dapat dilihat pada gambar 2 diatas memiliki proses yang panjang dimana tahap penggambutan adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang kurang baik dan tergenang air dalam kedalaman 0,5-10 meter. Material tumbuhan yang mengalami pembusukan melepaskan H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO_2 , H_2O , dan fungi diubah menjadi gambut. Setelah melalui proses biokimia, selanjutnya tahapan dinamokimia yakni proses penimbunan *peat* oleh lapisan tanah disekitarnya sehingga *peat* akan mendapatkan tekanan dari lapisan tanah di atasnya (*overburden*) dan dari samping sebagai akibat dari pergeseran kulit bumi. Pada tahapan ini terjadi proses dekomposisi terhadap *peat* sehingga karbonnya akan semakin meningkat. Sedangkan kandungan hidrogen dan oksigennya akan semakin menurun. Sepanjang proses ini koalifikasi sisa-sisa tumbuhan asli semakin menjadi gambut, lignit, batubara sub-bituminus, batubara bituminus, antrasit, dan antrasit. Tahapan perubahan yang demikian disebabkan karena



adanya kriteria kelembaban, kandungan bahan *volatile*, karbon, hidrogen, kalor, *reflectance*, dan *aromaticity*. (Pajares and Diez, 2014). Kualitas batubara akan menjadi lebih baik seiring bertambahnya waktu dimana pada tabel 1 dibawa ini menunjukkan adanya perubahan komposisi dan kualitas batubara selama proses pembatubaraan.

Tabel 1 Perubahan komposisi kayu ke batubara (Pasymi, 2008)

Jenis	Moisture	Karbon	Hidrogen	Oksigen	Volatile Matter (900°C)
Wood	20	50	6	42.5	75
Peat	90	60	5.5	32.3	65
Brown Coal	40-60	60-70	+5	>25	>50
Lignit	20-40	65-75	+5	16-25	40-50
Subbituminus	10-20	75-85	4.5-5.5	12-21	+45
Bituminus	10	75-90	4.5-5.5	5-20	18-40
Semi Antrasit	>5	90-92	4-4.5	4-5	5-20
Antrasit	<5	92-94	3-4	3-4	15

Gambaran umum proses pembentukan batubara terdiri atas (Pasymi, 2008):

- Terdapat dataran rendah dengan hutan yang lebat
- Dekat dengan daerah rawa yang sukar kering
- Dekat dengan daerah yang tinggi
- Penurunan tanahnya terjadi secara perlahan-lahan sehingga keadaan rawa tetap bisa dipertahankan
- Muara-muara atau delta sungai. Apabila daerah hutan lebat berada di daerah aliran sungai maka keberadaan muara atau delta sungai akan menyamai fungsi rawa pada daerah air tergenang yakni sebagai tempat penumpukan tumbuhan.

2.3 Klasifikasi Batubara



biasanya diklasifikasikan berdasarkan peringkat yang mengacu pada perubahan batubara dari bahan organik awal (*plant biopolymers*). Semakin tingkat batubara semakin besar pula tingkat perubahan yang dialami.

Pentingnya *rank* batubara sebagai kunci karakteristik industri batubara. Batubara dengan peringkat yang tinggi biasanya memiliki kandungan kalori yang lebih tinggi dan mencerminkan hilangnya kelembaban dan volatile (Finkelman *et, all.*, 2008)

Tujuan dari sistem klasifikasi batubara adalah untuk membedakan batubara sesuai dengan sifat fisik dan kimianya yang kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan nilai (ekonomi) dari batubara individu untuk tujuan pemanfaatan yang berbeda. Klasifikasi batubara juga memberikan informasi tentang sifat batubara tertentu yang dapat digunakan sebagai nilai *cut-off* untuk estimasi sumber daya dan cadangan batubara (misalnya hasil abu, nilai kalor, dan kadar sulfur total). Batubara dapat diklasifikasikan menurut sifat ilmiah yang berbeda, misalnya komposisi unsur dan sifat fisik dan kimia atau menurut properti komersial yang mengendalikan nilai pasar batubara untuk tujuan pemanfaatan batubara seperti pembakaran atau karbonisasi misalnya *coking* atau *caking properties*, nilai kalor, daya tahan, *grindability*, kandungan air dan lain-lain.

Batubara dapat dikelompokkan kedalam sifat ilmiah yang berbeda misalnya komposisi unsur dan sifat fisik serta kimia dalam mengendalikan pemasaran batubara seperti pembakaran, kalori, daya tahan *grindability*, dan kandungan air Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batubara umumnya dibagi dalam beberapa kelas yaitu:

A. Lignit

Lignit merupakan batubara peringkat rendah dimana kedudukan lignit dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara. Lignit adalah batubara yang berwarna hitam dan memiliki tekstur seperti kayu. Berikut adalah sifat batubara jenis lignit beserta tabel 2 pada halaman 11 yang menunjukkan nilai rata-rata dari analisis batubara jenis lignit.

1. Warna hitam, sangat rapuh
2. Nilai kalor rendah, kandungan karbon sedikit



ndungan air tinggi
 ndungan abu banyak
 ndungan sulfur banyak

Tabel 2 Nilai komposisi batubara lignit

<i>Proximate analysis % air dried basis</i>		<i>Ultimate Analysis (%)</i>	
<i>Moisture</i>	10-30	C	70-73
<i>Volatile matter</i>	40-45	H ₂	4,6-5,5
<i>Ash</i>	3,5-7,5	O ₂	22-26
<i>Fixed Carbon</i>	30-35	N ₂	0,6-1,0
		S	0,6-1,5

Calorific value = 6.500-6.600 Kcal/kg

B. Sub-Bituminus

Batubara jenis ini merupakan peralihan antara jenis lignit dan bituminus. Batubara jenis ini memiliki warna hitam yang mempunyai kandungan air, zat terbang, dan oksigen yang tinggi serta memiliki kandungan karbon yang rendah. Sifat-sifat tersebut menunjukkan bahwa batubara jenis sub-bituminus ini merupakan batubara tingkat rendah. Berikut dibawah ini Tabel 3 yang menunjukkan nilai rata-rata dari analisis batubara jenis sub-bituminous yaitu:

Tabel 3 Nilai Komposisi Batubara Sub-bituminus

<i>Proximate analysis</i>		<i>Ultimate Analysis (%)</i>	
<i>Air dried Moisture</i>	10-20%	C	70-78
<i>Volatile matter</i>	40%	H ₂	4,5-5,5
<i>Fixed Carbon</i>	60%	O ₂	20
<i>Calorific value</i>	6.800-7.600 Kcal/kg		

C. Bituminus

Batubara jenis ini merupakan batubara yang berwarna hitam dengan tekstur ikatan yang baik. Sifat batubara jenis bituminus:

1. Warna hitam mengkilat, kurang kompak
2. Nilai kalor tinggi, kandungan karbon relatif tinggi
3. Kandungan air sedikit
4. Kandungan abu sedikit
5. Kandungan sulfur sedikit

Batubara jenis ini banyak digunakan sebagai bahan bakar untukangkit listrik karena kandungan karbon yang cukup tinggi. Tabel 4 pada nan 12 yang menunjukkan hasil rata-rata dari analisis batubara nonous:



Tabel 4 Nilai Komposisi Batubara Bituminus

<i>Proximate analysis</i>		<i>Ultimate Analysis (%)</i>	
<i>Air dried Moisture</i>	0,5-14%	C	80-90
<i>Volatile matter</i>	20-45%	H ₂	4-6
<i>Calorific value</i>	7.500-8.900Kcal/kg	O ₂	0,5-15

D. Antrasit

Antrasit merupakan batubara dengan kandungan karbon paling tinggi. Tingkatan yang mempunyai kandungan karbon lebih dari 93% dan kandungan zat terbang kurang dari 10%.

1. Warna hitam sangat mengkilat, kompak
2. Nilai kalor sangat tinggi, kandungan karbon sangat tinggi
3. Kandungan air sangat sedikit
4. Kandungan abu sangat sedikit
5. Kandungan sulfur sangat sedikit

Batubara jenis ini memiliki ciri-ciri berwarna hitam dengan kilap metalik dan memiliki nilai analisis rata-rata yang dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5 menunjukkan komposisi dari batubara Antrasit

<i>Proximate analysis</i>		<i>Ultimate Analysis (%)</i>	
<i>Moisture</i>	2.3%	C	86,7
<i>Volatile matter</i>	3.1%	H ₂	2.2
<i>Ash</i>	6,9%	O ₂	2,9
<i>Fixed Carbon</i>	60%	N ₂	0,8
<i>Calorific value</i>	7.700-9.000Kcal/kg	S	0,5

2.4 Analisis Batubara

Analisis batubara dilakukan untuk mengetahui kandungan dari batubara itu sendiri dan karakteristiknya. Analisis batubara biasanya dilakukan dalam laboratorium dan menggunakan alat yang sesuai dengan parameter yang ingin diketahui.



pada batubara terbagi atas tiga, yaitu analisis proksimat, analisis ultimat dan analisis kalori.

Analisis proksimat

Analisis proksimat adalah metode yang dikembangkan untuk menghitung

kandungan batubara dengan memanaskannya pada kondisi tertentu. Metode ini meliputi penentuan kandungan *moisture*, zat terbang, kadar abu dan perhitungan *fixed carbon* pada sampel batubara yang dianalisis sesuai dengan prosedur yang ditetapkan ASTM. Metode ini dapat digunakan untuk menetapkan peringkat batubara, untuk menunjukkan rasio untuk konstituen mudah terbakar hingga tahan api, serta sebagai dasar untuk membeli dan menjual, dan untuk mengevaluasi benefisiasi untuk tujuan lain (ASTM, 1979).

a. Analisis *Moisture Content*

Batubara pada umumnya bersifat lembab yang diakibatkan karena batubara berasal dari tumbuhan yang mengandung kadar air tinggi yang terikat secara fisik maupun kimia yang mempengaruhi kandungan batubara pada saat terbentuk. Metode ini berfungsi untuk menentukan besarnya kandungan air pada sampel batubara untuk menghitung hasil analisis lain dalam tahap pengeringan. Analisis *moisture content* didapatkan dengan melakukan pengujian pembakaran dalam kondisi suhu, waktu, dan berat sampel batubara. Untuk menghitung kelembaban persen pada sampel analisis sebagai berikut (ASTM, 1979).

$$TM = FM RM \left(\frac{1 - FM}{100} \right)$$

b. Analisis kadar abu (*Ash content*)

Analisis kadar abu adalah metode yang digunakan dalam analisis sampel batubara atau kokas untuk menentukan besarnya kandungan abu. Nilai dari kadar abu ditentukan dengan menimbang residu yang tersisa hasil pembakaran batubara dalam kondisi yang dikendalikan oleh berat sampel, suhu, waktu, dan atmosfer. Nilai dari kadar abu dapat diperoleh dengan Persamaan 2.4 (ASTM, 1979).

$$\% \text{ ash } \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} 100 \%$$

Dengan:

- 1 = Berat cawan kosong (gr)
- 2 = Berat cawan ditambah dengan sampel sebelum dipanaskan (gr)
- 3 = Berat cawan ditambah sampel setelah dipanaskan (gr)



c. Analisis Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Analisis zat terbang adalah metode yang digunakan untuk menentukan persentase produk gas, uap air, dalam analisis sampel yang dilepaskan di bawah kondisi tertentu. Zat terbang yang didapatkan, digunakan dalam menetapkan peringkat batubara, untuk mendapatkan hasil batubara pada proses karbonisasi, dasar pembelian dan penjualan batubara, maupun untuk mengetahui karakteristik pembakaran. Persamaan untuk menghitung zat yang mudah menguap, pertama menghitung persen berat dari sampel sebagai berikut (ASTM, 1979):

$$\% VM \left[\frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} 100 \% \right]$$

Dengan:

m_1 = Berat cawan kosong (gr)

m_2 = Berat cawan ditambah dengan sampel sebelum dipanaskan (gr)

m_3 = Berat cawan ditambah sampel setelah dipanaskan (gr)

2. Analisis Ultimat

Analisis ultimat adalah analisis yang bertujuan untuk menentukan kandungan elemen-elemen penyusun batubara. Analisis ultimat ialah penentuan karbon dan hidrogen yang ada di dalam material yang diperoleh dari produk gas dari hasil pembakaran yang sempurna, dan penentuan sulfur, nitrogen dan abu yang ada dalam material, serta perhitungan kandungan oksigen.

a. Karbon dan Hidrogen

Menentukan kandungan karbon dan nitrogen dilakukan dengan membakar sejumlah batubara dengan oksigen dalam suatu *combustion tube* pada kondisi tertentu yang dilakukan secara bersamaan. Gas CO₂ dan H₂O yang terbentuk saat proses pembakaran diserap oleh pelarut tertentu. Kandungan karbon dan hidrogen dapat dihitung pada masing-masing berat yang terbentuk setelah proses pembakaran. Berat karbon dalam CO₂ ialah ratio berat atom karbon terhadap berat molekul CO₂ dikalikan dengan berat CO₂. Sedangkan, berat hidrogen dalam H₂O adalah ratio berat atom gas hidrogen H₂ terhadap berat molekul H₂O dikalikan dengan



berat H₂O (Sanwani *et, all.*, 1998).

b. Nitrogen

Penentuan kadar nitrogen dilakukan dengan metode kjedahl. Sejumlah batubara dioksidasi dengan menggunakan campuran asam sulfat pekat, potassium sulfat, dan air raksa. Kadar Nitrogen dihitung dari jumlah gas Amoniak (NH₃) yang terbentuk dari proses oksidasi. Nitrogen ada di dalam batubara dalam bentuk senyawa organik batubara. Senyawa organik nitrogen ini stabil, mungkin berasal dari protein tumbuh-tumbuhan asal batubara. Berat nitrogen dalam NH₃ adalah ratio berat atom nitrogen terhadap berat molekul NH₃ dikalikan dengan berat NH₃ (Sanwani *et, all.*, 1998).

c. Sulfur Total

Menentukan kandungan sulfur dapat dilakukan dengan cara mengoksidasi sulfur batubara menjadi SO₂ dan SO₃. Gas ini selanjutnya diubah menjadi endapan garam sulfat (BaSO₄). Berat sulfur dihitung dari berat endapan BaSO₄ yang diperoleh. Kandungan sulfur dalam batubara terdapat dalam tiga bentuk yaitu Pirit, Sulfur Organik, dan CaSO₄. Sulfur terbentuk sebagai bahan yang stabil dari senyawa organik. Sulfur yang terikat secara anorganik di dalam pirit dan markasit disebut sebagai sulfur piritik, dan tidak terdistribusi secara merata di dalam batubara. Akan tetapi, terdesiminasi sebagai Kristal halus dalam mineral organik. Dalam jumlah sangat kecil sulfur dapat terbentuk sebagai sulfat seperti kalsium sulfat atau besi sulfat. Penentuan sulfur total melibatkan beberapa kondisi kimia yang diakhiri mengubahnya menjadi sulfat dan hal ini dapat dilakukan dengan beberapa metode (Sanwani *et, all.*, 1998):

1. Metode *Eschka*

Sampel dengan berat tertentu bersama campuran *Eschka* (campuran antara dua bagian MgO dan satu bagian Na₂CO₃) dibakar bersama-sama dan sulfur diendapkan dari larutan sebagai Barium Sulfat (BaSO₄). Filtrat disaring, dibakar dan ditimbang.

Bomb Washing

Dilakukan dengan sulfur diendapkan sebagai BaSO₄ dari *oxygen-bomb*



calorimeter washing. Filtrat disaring, dibakar dan ditimbang.

3. Metode *High-Temperature Combustion*

Sampel dengan berat tertentu dibakar dalam *tube furnace* pada temperatur 1350°C di dalam aliran oksigen. Sulfur oksida dan klor yang terbentuk diserap dengan larutan hidrogen peroksida (H₂O₂), menghasilkan asam sulfat (H₂SO₄) dan asam klorida (HCl). Jumlah kandungan asam total ditentukan oleh titrasi dengan natrium hidroksida (NaOH).

d. Oksigen

Kandungan oksigen dalam batubara didapatkan dengan cara mencari selisih berat batubara terhadap penjumlahan berat C, H₂, N, S, dan P. Oksigen pada batubara diperkirakan dari 100% dikurangi jumlah persen karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur total dan abu.

e. Nilai kalor

Nilai kalor merupakan nilai yang diperoleh dari indikasi langsung dari kandungan panas (nilai energi) batubara. Nilai kalor mewakili pemanasan gabungan dari pembakaran karbon, hidrogen, nitrogen, dan sulfur organik. (Sanwani *et, all.*, 1998).

Nilai kalori kotor adalah jumlah panas yang dilepaskan pada saat pembakaran dalam kalorimeter. Perbedaan antara nilai kalori kotor (*Gross Calorific Value*) dan nilai kalori bersih (*Net Calorific Value*) adalah panas yang tersimpan dari kondensasi uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran. Nilai kalori kotor mengasumsikan bahwa semua uap yang dihasilkan selama proses pembakaran sepenuhnya terkondensasi. Nilai kalori bersih mengasumsikan bahwa air dihilangkan dengan pembakaran produk tanpa sepenuhnya terkondensasi. Untuk menyamakan semua efek, yang nilai kalor batubara harus dibandingkan berdasarkan kalori nilai secara bersih dasar. Nilai kalori batubara bervariasi, tergantung pada abu, kadar air, dan jenis batubara, sedangkan nilai kalori dari bahan bakar minyak jauh lebih konsisten (Ward 2016).



lisis eksperimental memerlukan tekanan awal oksigen dari 300 sampai dan suhu akhir di kisaran 20-35°C (68-95°F) dengan produk dalam uap, air, karbon dioksida, sulfur dioksida, dan nitrogen. Dengan demikian,

setelah nilai kalori kotor (*Gross Calorific Value*) telah ditentukan, nilai kalori bersih (*Net Calorific Value*) dihitung dari nilai kalori kotor (*Gross Calorific Value*) sekitar 20°C (68°F) dengan mengurangi 1.030 Btu/pon (2.4×10^3 kJ/kg) untuk memungkinkan panas penguapan air. Hal ini tidak benar-benar sama dengan panas penguapan air [1.055 Btu/pon ($2,45 \times 10^3$ kJ/kg)] karena perhitungan ini adalah untuk mengurangi data dari nilai kotor pada volume konstan untuk nilai bersih pada tekanan konstan. Dengan demikian, perbedaan antara nilai kalori kotor (*Gross Calorific Value*) dan nilai kalori bersih (*Net Calorific Value*) diberikan oleh (Gluskoter, 1975).

$$NCV (Btu/pon) = GCV - \left[\frac{1030 \times \%total\ hydrogen \times 9}{100} \right]$$

Alat yang digunakan untuk mengukur perubahan panas pengujian nilai kalori adalah *bomb calorimeter*. *Bomb calorimeter* terbuat dari tabung baja yang tebal dengan penutup yang kedap udara. Sampel yang akan diuji ditempatkan dalam cawan platina dan sebuah kumparan besi yang akan diuji. Setelah itu, *bomb calorimeter* di tutup dan kemudian dimasukkan O₂ dengan tekanan mencapai 25 atm. Kemudian “bom” dimasukkan ke dalam kalorimeter yang diisi air, dan dialirkan listrik ke kawat besi, disamping kenaikan suhu diatur setelah terjadi proses pembakaran (Gluskoter, 1975).

2.5 Pencucian Batubara Dengan Metode Konsentrasi Gravitasi

Pencucian batubara adalah salah satu metode yang digunakan meningkatkan kualitas batubara berdasarkan tingkat densitas batubara dengan pengotornya. Pencucian batubara bertujuan untuk memisahkan mineral dari material pengotornya berdasarkan perubahan nilai parameter kualitas batubara yang diantaranya adalah total *moisture*, *ash content*, total sulfur dan kalori agar memenuhi syarat penggunaan tertentu (Wills, 2005). Kegunaan pencucian batubara adalah untuk mengurangi *impurities* anorganik yang dapat ditinjau secara mekanis seperti komposisi ukuran dan perbedaan berat jenis dari material



isahkan. Karakteristik batubara dan *impurities* yang utama ditinjau dari pencucian batubara secara mekanis ialah komposisi ukuran yang disebut *size* perbedaan berat jenis dari material yang dipisahkan, kimia permukaan,

friability relatif dari batubara dan impuritiesnya serta kekuatan dan kekerasan material (Tambunan, 2012).

Konsentrasi gravitasi adalah metode pemisahan partikel mineral berdasarkan pada berat jenis suatu material ketika dibiarkan mengendap dalam medium fluida. Gerak suatu partikel dalam fluida tidak hanya bergantung pada berat jenisnya tetapi juga pada ukuran partikel, semakin besar ukuran partikel maka akan lebih berpengaruh dibandingkan dengan partikel yang lebih kecil. Efisiensi kinerja konsentrasi gravitasi dipengaruhi dengan meningkatnya ukuran partikel, dimana partikel yang lebih kecil, efisiensi kinerja yang dihasilkan kurang baik daripada ukuran partikel yang lebih besar. Hal ini didasarkan karena pergerakan partikel yang lebih kecil didominasi oleh gesekan permukaan. Pengendalian ukuran umpan bertujuan untuk mengatur partikel agar bergerak sesuai dengan spesifik gravitasnya (Rao, *et, all.*, 2016). Pencucian batubara berdasarkan metode spesifik gravitasi terdiri atas 3 yaitu:

a. *Heavy Medium Separation*

Heavy medium separation atau *dense medium separation* adalah proses pemisahan batubara dengan menggunakan media berat. Proses ini bertujuan untuk memisahkan mineral-mineral berharga yang lebih berat dari pengotornya yang terdiri dari mineral-mineral ringan dengan menggunakan medium pemisah yang berat jenisnya lebih besar dari air. Produk dari proses konsentrasi ini adalah endapan *sink* dan *float*. Pasir, serpih, barit, magnetit, ferrosilicon, galena dan beberapa jenis lempung adalah jenis padatan yang digunakan dalam media berat.

b. *Jigging*

Jig merupakan salah satu alat pemisahan batubara yang berdasarkan pada perbedaan berat jenis yang berbeda, bekerja secara mekanis yang menggunakan adanya perbedaan kemampuan menerobos dari butiran yang akan dipisahkan. Dalam *jigging*, partikel dibiarkan mengendap hanya untuk waktu yang singkat dan partikel tersebut tidak akan pernah mencapai kecepatan terminalnya. Artinya pemisahan akan tergantung pada kecepatan pengendapan awal partikel.



c. *Tabling*

Tabling merupakan pemisahan material dengan cara mengalirkan aliran fluida yang tipis pada suatu meja yang bergoyang, dengan menggunakan media aliran tipis dari air (*flowing film concentration*). Prinsip kerja *tabling* adalah berdasarkan perbedaan berat dan ukuran partikel terhadap gaya gesek akibat aliran air tipis. Partikel dengan diameter yang sama akan memiliki gaya dorong yang sama besar, sedangkan apabila spesifik gravitasnya berbeda maka gaya gesek pada partikel berat akan lebih besar daripada partikel ringan.

2.6 Dense Medium Separation

Dalam industri pertambangan pengolahan bahan galian adalah suatu cara meningkatkan kualitas bahan galian dengan menghilangkan material pengotornya dengan memanfaatkan adanya perbedaan sifat-sifat fisik mineral berharga dengan mineral yang tidak berharga yang ada dalam bahan galian tersebut atau untuk memenuhi persyaratan ukuran. *Coal washing* merupakan pengolahan bahan galian untuk batubara yang menggunakan perbedaan berat jenis antara batubara dengan pengotornya (Tambunan, 2012).

Tujuan dari pencucian batubara dengan uji endap apung adalah untuk mengetahui karakteristik dari batubara termasuk *recovery* dari batubara setelah pencucian, kadar abu, dan sebagainya. Mengetahui karakteristik pencucian dari larutan yang digunakan, termasuk bagaimana larutan digunakan dalam pencucian. Mengetahui efisiensi dari larutan yang berbeda saat dilakukan pencucian. Memprediksi besarnya perolehan batubara dari hasil pencucian dalam laboratorium (Rao *et, all.*, 2016).

Dense Medium Separation (DMS) merupakan metode pemisahan mineral dan batubara berdasarkan *spesifik gravity* yang disebut sebagai *sink and float* (tenggelam dan terapung). *Dense Medium Separation* merupakan proses pencucian antara terapung dan tenggelam dengan syarat tidak boleh terdapat halus karena jika material tersebut bersatu dengan air akan membentuk lumpur yang tinggi dan juga kental. Proses ini menghasilkan dua hasil yaitu *sink* yang merupakan batubara berat, sedangkan *float* merupakan



batubara ringan atau yang diinginkan (Nasir 2012). Percobaan *sink-float* seharusnya tidak hanya menghabiskan banyak tenaga dan sumber daya tetapi juga membutuhkan waktu yang lama. Selain itu perlu pemahaman lebih lanjut soal *washability* agar dapat mengevaluasi, memprediksi, dan mengoptimalkan efek pemisahan (Meshram, *et. all.*, 2014). Alasan digunakannya larutan organik sebagai media pemisah menggantikan larutan anorganik dalam uji endap apung adalah larutan organik mudah menguap, pengeringan sampel mudah dan prosesnya tidak memakan waktu lama saat dilakukan. Hasil pencucian, baik yang terapung dan tenggelam mudah untuk dipisahkan. Viskositas dari larutan organik rendah (Swaine,1990).

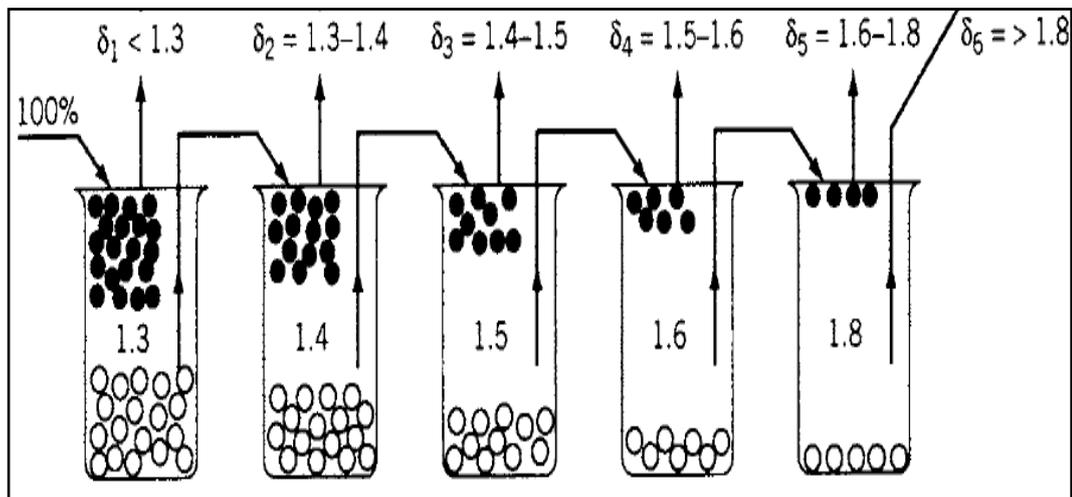
Sebelum melakukan uji endap apung harus ditentukan terlebih dahulu fraksi ukuran yang akan diuji dan densitas relatif yang akan dipakai. Selanjutnya apakah pengujian akan dimulai dari cairan dengan densitas relatif terendah atau tertinggi. Pilihan ini sangat tergantung pada densitas relatif yang akan dipakai untuk membuang sebagian besar material pada tahap awal. Persampel batubara yang mengandung sedikit *shale* sebaiknya diuji dengan memakai densitas relatif mulai dari yang terendah sampai yang tertinggi.

Tujuan pencucian adalah untuk menurunkan kadar abu sehingga sesuai dengan kadar abu yang dipersyaratkan, yaitu $< 10\%$. Pengujian menggunakan sampel batubara yang diambil dari PT. Kendilo Coal Indonesia, Kecamatan Pasir Belengkong, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Pencucian batubara dilakukan dengan cara uji endap-apung untuk mengetahui karakteristik pemisahan. Proses pencucian dilakukan terhadap tiga fraksi ukuran, yaitu -12,5+5,6; -5,6+1,18; dan -1,18 mm dengan densitas pemisah mulai dari 1,3 g/cm³sampai 1,6 g/cm³ dengan interval 0,1. Media pemisah pada densitas tertentu, dibuat dengan cara mencampurkan dua jenis larutan yaitu perchloroethylene dan toluena. Dari kurva ketercucian batubara, kadar abu batubara yang diinginkan 8% untuk batubara Blok Bindu dengan kondisi proses pencucian yang terbaik terjadi pada fraksi ukuran -12,5+5,6 mm pada densitas pemisah 1,36 g/ml untuk 1 batubara bersih terbesar, yaitu 50%. Begitu juga dengan batubara Blok erolehan batubara bersih tertinggi sebesar 50,82% terjadi pada fraksi



ukuran yang sama namun media pemisah berdensitas $1,39 \text{ g/cm}^3$ (Adinugraha et al, 2018).

Media larutan yang biasa digunakan pada umumnya adalah *Perchloroethylene* (densitas $1,6 \text{ g/cm}^3$) yang dapat diencerkan oleh *petroleum spirit* (densitas $0,7 \text{ g/cm}^3$) *white spirit* (densitas $0,77 \text{ g/cm}^3$), *naphta* (densitas $0,7 \text{ g/cm}^3$), *toluene* (densitas $0,86 \text{ g/cm}^3$) ataupun *Washbensin* (densitas $0,76 \text{ g/cm}^3$) dan untuk membuatnya lebih berat dapat ditambahkan *Bromofom* (densitas $2,9 \text{ g/cm}^3$) ataupun *Tetrabromoethane* (densitas $2,96 \text{ g/cm}^3$). Prinsip pemisahan dengan metode uji endap apung dapat dilakukan dengan memasukkan sejumlah fraksi ukuran dengan berat tertentu ke dalam larutan organik dengan densitas yang telah ditentukan. Fraksi yang terapung dipisahkan dari fraksi yang tenggelam. Prosedur tersebut dilakukan secara berulang untuk setiap densitas dan cairan yang telah diatur. Setelah proses pemisahan dilakukan, dilanjutkan dengan analisis kadar abu pada fraksi tenggelam dan terapung (Laskowski, 2001). Berikut adalah Gambar 3 yang menunjukkan prosedur uji endap apung yaitu:



Gambar 3 Prosedur uji endap apung (Laskowski, 2001)

Karakteristik pada batubara sangat berperan penting dalam proses pencucian batubara. Sebelum melakukan proses pencucian batubara baiknya mengetahui kandungan abu yang terdapat batubara agar hasil pencucian batubara dapat dengan lebih mudah diprediksi setelah pencucian. Kandungan abu yang tinggi pada batubara disebabkan karena banyaknya mineral dalam batubara yang residu setelah proses pembakaran. Ukuran partikel pada batubara juga berpengaruh terhadap hasil pencucian dimana semakin halus batubara



maka batubara bersih yang dihasilkan juga akan semakin kecil pada mineral singenetik dan berbanding terbalik dengan mineral epigenetik (Adinugraha, *et, all.*, 2018). Larutan yang digunakan untuk uji endap apung adalah larutan organik dengan densitas yang berbeda. Biasanya densitas yang dilakukan adalah densitas 1,2 hingga densitas 1,6 sehingga memperoleh densitas yang lebih rendah pada larutan *Perchloroethlyene* perlu dilakukan pencampuran larutan hingga mencapai densitas yang diujikan. Persamaan yang digunakan untuk memperoleh perbandingan larutan yang hingga memperoleh densitas yang diinginkan adalah (Rao *et, all.*, 2016):

$$C_{v1} \rho_1 + (1 - C_{v1}) \rho_2 = \rho_{12}$$

Keterangan :

ρ_1 : Densitas larutan 1.

ρ_2 : Densitas larutan 2.

ρ_{12} : Densitas hasil pencampuran dari larutan 1 dan larutan 2.

C_{v1} : Volume dari fraksi larutan 1.

Apabila yang diketahui adalah berat dari larutan organik yang akan digunakan, maka dapat digunakan persamaan berikut.

$$\frac{C_{w1}}{\rho_1} + \frac{1 - C_{w1}}{\rho_2} = \frac{1}{\rho_{12}}$$

Keterangan:

ρ_1 : Densitas larutan 1

ρ_2 : Densitas larutan 2

ρ_{12} : Densitas hasil pencampuran dari larutan 1 dan larutan 2.

C_{w1} : Berat dari fraksi larutan 1.

2.7 Kurva Ketercucian Batubara

Kurva ketercucian menunjukkan hubungan antara kandungan abu dalam suatu fraksi ukuran dengan jumlah material yang dapat terapungkan atau terendapkan pada suatu densitas relatif tertentu. Untuk membuat kurva-kurva

an diperlukan data dari tabel 6 dibawah ini dimana menunjukkan hasil ucian yang berhubungan antara persen berat terapungkan dengan kadar



Tabel 6 Contoh data dari perhitungan pencucian batubara

Relative Density (r.d.) fraction	Direct		Wt of ash of total (%)	Cum. wt. of ash (%)	Cummulative Floats		Sink wt. of ash (%)	Cummulative Sinks		±0,1 r.d distribution		Relative Density (r.d.) fraction
	Wt (%)	Ash (%)			Wt (%)	Ash (%)		Wt (%)	Ash (%)	r.d	Wt (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
								100	27,62			
-1,30	39,11	1,4	0,55	0,55	39,11	1,41	27,07	60,89	44,5	1,30	59,61	19,55
1,30-1,40	20,50	5,1	1,05	1,60	59,61	2,68	26,02	40,39	64,4	1,40	25,16	40,36
1,40-1,50	4,66	13,8	0,64	2,74	64,27	3,48	25,38	35,73	71,0	1,50	7,05	61,94
1,50-1,60	2,39	23,1	0,55	2,79	66,66	4,19	24,83	33,34	74,5	1,60	3,76	65,47
1,60-1,80	2,73	37,5	1,02	3,81	69,39	5,49	23,81	30,61	77,8	1,70	2,73	68,03
1,80-2,00	1,82	50,7	0,92	4,73	71,21	6,64	22,89	28,79	79,5	1,80	2,27	70,30
-2,00	28,79	79,5	22,89	27,62	100	27,62	-	-	-	1,90	1,82	85,61
Total	100		27,62									

berikut cara untuk memperoleh nilai dari tiap kolom tabel:

- Kolom 1. Kolom ini memberikan informasi pada densitas berapa larutan digunakan.
- Kolom 2. Nilai dari kolom ini diperoleh dengan cara membagi berat hasil pencucian dengan berat umpan yang dimasukkan secara keseluruhan kemudian dikali 100.
- Kolom 3. Nilai pada kolom ini diperoleh setelah dilakukan pencucian dan dilakukan pengujian kadar abu untuk tiap masing-masing densitas larutan.
- Kolom 4. Berat abu (dalam persen) di fraksi terapung pada densitas pemisahan tertentu terhadap berat persampel total. Kadar di kolom ini diperoleh dengan cara, misal untuk fraksi densitas relatif -1,30:

$$\frac{(\text{kolom 2} \times \text{kolom 3})}{100} = \frac{39,11 \times 1,4}{100} = 0,55\%$$

Penjumlahan seluruh nilai yang terdapat di kolom 4 akan menghasilkan kadar abu persampel (27,62%). Nilai ini dapat dikoreksi kembali dengan kadar abu yang diperoleh dengan cara menganalisis langsung persampel. Apabila perbedaanya terlalu besar, berarti ada kesalahan dalam proses perhitungannya.

- Kolom 5. Nilai pada kolom ini diperoleh dengan cara menjumlahkan nilai pada kolom 4 berturut-turut berdasarkan densitas larutan. Nilai ini akan enunjukkan berat abu sebagai bagian dari total per sampel.

olom 6. Nilai pada kolom ini diperoleh dengan cara menjumlahkan nilai pada kolom 2 berturut-turut berdasarkan densitas larutan. Nilai pada



kolom ini menunjukkan persen berat yang akan diperoleh pada densitas pemisahan tertentu.

- g. Kolom 7. Kolom ini menunjukkan persen kadar abu dari kumulatif fraksi yang terapung, yaitu persen abu yang akan diperoleh pada fraksi terapung pada densitas pemisahan tertentu. Misal pada densitas relatif 1,40;

$$\frac{(\text{kolom 5} \times \text{kolom 6})}{100} = \frac{1,60 \times 59,61}{100} = 2,7\%$$

- h. Kolom 8. Berat abu (dalam persen) di dalam fraksi terendapkan pada densitas pemisahan tertentu. Nilai di kolom ini diperoleh dengan cara, misal untuk densitas relatif 1,40:

$$(\text{jumlah kolom 4}) - \text{kolom 5} = 27,62 - 1,60 = 26,02\%$$

- i. Kolom 9. Nilai pada kolom ini menunjukkan nilai kumulatif persen berat terendapkan yang merupakan nilai kumulatif persen berat dari fraksi-fraksi yang terendapkan pada setiap densitas pemisahan. Sebagai sampel, pada densitas pemisahan 1,40, akan diperoleh 59,61% terapung (kolom 6) maka kumulatif yang terendapkan adalah;

$$100 - \text{kolom 6} = 100 - 59,61 = 40,39\%$$

- j. Kolom 10. kolom ini menunjukkan nilai persen kadar abu dari kumulatif fraksi yang terendapkan, yaitu persen kadar abu yang diperoleh pada fraksi tenggelam pada densitas tertentu. Misalnya untuk densitas relatif 1,40 diperoleh:

$$\frac{\text{kolom 8}}{\text{kolom 9}} \times 100 = \frac{26,02}{40,39} \times 100 = 64,4\%$$

- k. Kolom 11. Nilai pada kolom ini menunjukkan skala nilai yang digunakan dalam pencucian batubara.
- l. Kolom 12. Kolom ini menunjukkan nilai persen berat persampel yang densitas relatifnya terletak antara +0,10 dan -0,10 dari densitas pemisahan. Sebagai sampel, nilai pada densitas pemisahan 1,40 adalah:

$$\begin{aligned} \text{kolom 6} (dr = 1,50) - \text{kolom 6} (dr = 1,30) &= 64,27 - 39,11 \\ &= 25,16\% \end{aligned}$$



j. Kolom 13. Komulatif terapung dikurangi dengan setengah persen berat fraksi terapungnya, misal pada densitas 1,40 nilai kolom 13 = $59,61 - 20,50/2 = 40,36\%$.

$$\text{Kolom 13} = (\text{kolom 6} - \text{kolom 2}/2)$$

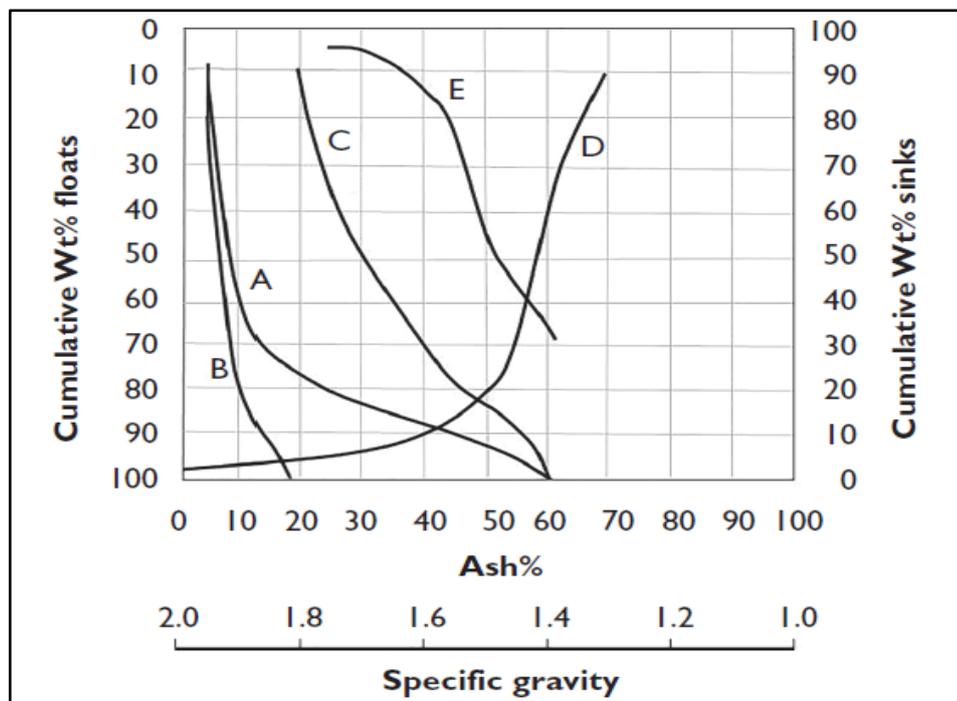
Setelah dilakukan perhitungan data menggunakan tabel 6 diatas kemudian pengolahan dari data pada tabel kemudian diolah kembali dalam bentuk kurva. Secara umum, untuk dapat menggambarkan karakteristik suatu batubara yang dikaitkan dengan sifat-sifat ketercuciannya maka dapat dialurkan lima jenis kurva dalam satu tabel keseluruhan dimana tiap-tiap kurva memiliki informasi tersendiri dimana yaitu:

1. *Primary Curve*, untuk menentukan maksimal kandungan abu yang mungkin ada dalam suatu batas tertentu didalam partikel batubara. Bertujuan untuk menggambarkan kecepatan perubahan kadar abu pada berbagai densitas relatif. Untuk membuat *instrument ash curve* adalah dengan cara, memasukkan data kolom 3 sebagai sumbu X, dan data kolom 13 sebagai sumbu Y.
2. *Cumulative Floats Curve*, bertujuan menentukan keefektifan pencucian batubara. Untuk membuat *cumulative floats curve* adalah dengan cara, memasukkan data kolom 7 sebagai sumbu X, dan data kolom 6 sebagai sumbu Y.
3. *Cumulative Sink Curve*, bertujuan untuk menentukan berapa besar kandungan abu didalam *sink* endapan pada jumlah *float* tertentu. Untuk memudahkan membaca densitas relatif pemisahan pada setiap fraksi kumulatif terapung & tenggelam, maka terhadap Kurva 2 dan 3 ini ditambahkan nilai densitas relatifnya dan dicantumkan pada sebelah kiri sumbu tegaknya. Untuk membuat *cumulative sink curve* adalah dengan cara, memasukkan data kolom 10 sebagai sumbu X, dan data kolom 9 sebagai sumbu Y.
4. *Relative Density Curve*, untuk menentukan densitas relatif dari perolehan batubara tercuci suatu pemisahan sempurna pada *specific gravity* pemisah. Untuk membuat *relative density curve* adalah dengan cara, memasukkan data kolom 1 sebagai sumbu X, dan data kolom 6 sebagai sumbu Y.



5. *Near Gravity Curve*, untuk menentukan derajat kesulitan pemisahan batubara raw coal pada suatu *specific gravity* yang disebabkan karena perbedaan $\pm 0,1$ dari *Specific Gravity* yang ditentukan. Untuk membuat *near gravity curve* adalah dengan cara, memasukkan data kolom 11 sebagai sumbu X, dan data kolom 12 sebagai sumbu Y.

Berikut dibawah ini adalah gambar 4 yang menunjukkan kurva Ketercucian batubara menurut (Rao *et, all.*, 2016):



Gambar 4 Bentuk kurva ketercucian

