

**ANALISIS KADAR AIR, KADAR ABU DAN NILAI KALORI  
PADA BATUBARA DI UNIT *KILN* PADA PT. SEMEN  
TONASA**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**NISWATUL AZZANI**

**16TKM159**

**Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan  
guna menyelesaikan Program Diploma Tiga  
Jurusan Teknik Kimia Mineral**



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.  
POLITEKNIK ATI MAKASSAR  
2019**

## HALAMAN PERSETUJUAN

JUDUL : ANALISIS KADAR AIR, KADAR ABU DAN NILAI  
KALORI PADA BATUBARA DI UNIT *KILN* PADA PT.  
SEMEN TONASA  
NAMA MAHASISWA : NISWATUL AZZANI  
NOMOR STAMBUK : 16TKM159  
PERGURUAN TINGGI : POLITEKNIK ATI MAKASSAR  
JURUSAN/PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA MINERAL

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Idi Amin, ST., M.Si.  
NIP :19731124 200112 1 001

Flaviana Yohanala P T, S.ST., MT.  
NIP :19900911 201801 2 001

Mengetahui,

Direktur Politeknik ATI Makassar

Ketua Jurusan Teknik Kimia Mineral

Amrin Rapi, ST., MT.  
NIP. 19691011 199412 1 001

Andi Arninda, ST., M.Si.  
NIP. 19771030 200604 2 001

## HALAMAN PENGESAHAN

Telah diterima oleh Panitia Ujian Akhir Program Diploma Tiga (D3) yang ditentukan sesuai dengan Surat Keputusan Direktur Politeknik ATI Makassar Nomor: 241 / KPTS / BPSDMI / ATI-Makassar / II / 2019 yang telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada hari Selasa / 4 / 16 / 2019 sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) Teknik dalam Program Studi Teknik Kimia Mineral Pada Politeknik ATI Makassar.

### PANITIA UJIAN :

Pengawas : 1. Kepala BPSDMI Kementerian Perindustrian R.I.  
2. Direktur Politeknik ATI Makassar

Ketua : Dra. Hj Hartini, M.Si. (.....)

Sekretaris : Rachma, STP., MM. (.....)

Penguji I : Dra. Hartini, M.Si. (.....)

Penguji II : Rachma, STP., MM. (.....)

Penguji III : Herlina Rahim, ST., M.Si. (.....)

Pembimbing I : Dr. Idi Amin, ST., M.Si. (.....)

Pembimbing II : Flaviana Yohanala P T, S.ST., MT (.....)

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NISWATUL AZZANI  
NIM : 16TKM159  
Jurusan : Teknik Kimia Mineral

Menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan sesuai dengan hukum yang berlaku di Negara Republik Indonesia bahwa tugas akhir saya adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut tanpa melibatkan institusi Politeknik ATI Makassar atau orang lain.

Makassar, 24 September 2019

Yang Menyatakan,

**(NISWATUL AZZANI)**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Kuasa karena dengan rahmat dan limpahan karunia-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **Analisis Kadar Air, Kadar Abu dan Nilai Kalori pada Batubara di Unit *Kiln* pada PT. SEMEN TONASA**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa tersusunnya tugas akhir ini berkat dukungan, bimbingan, dorongan dan bantuan dari segala pihak, kerendahan dan ketulusan hati penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Orang Tua yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang dan tak henti-hentinya baik berupa materi atau non materi, terima kasih selalu setia mendampingi, memberi semangat dan doa.
2. Bapak Ir. Amrin Rapi, ST., MT., IPM selaku Direktur Politeknik ATI Makassar.
3. Bapak Windi Mudriadi, ST., MT selaku Pembantu Direktur I Bidang Akademik Politeknik ATI Makassar.
4. Ibu Andi Arninda ST., M.Si selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Mineral Politeknik ATI Makassar.
5. Bapak Dr. Idi Amin, ST., M.Si selaku pembimbing 1, terima kasih atas bantuan yang diberikan kepada penulis.
6. Kak Flaviana Yohanala P T,S.ST.,MT selaku pembimbing 2 yang telah memberikan izin untuk mengikuti kerja praktek di PT. Semen Tonasa.
7. Ibu Sri Diana, SS., M.Ed selaku Penasehat Akademik. Terima kasih atas motivasi yang diberikan kepada penulis.
8. Dosen-dosen Teknik Kimia di Politeknik ATI Makassar yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan dukungan kepada penyusun selama menempuh pendidikan.
9. Direksi PT. Semen Tonasa beserta staff dan seluruh karyawan yang telah memberikan kesempatan kepada penyusun untuk melaksanakan kerja praktek pada PT. Semen Tonasa.
10. Bapak Yulianto Prayoga, ST dan Ibu Yenny Kasim, ST selaku pembimbing lapangan yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu, bimbingan dan arahan dalam mengerjakan tugas khusus.
11. Seluruh staf QC, QA, PEP & CCR dan staf karyawan PT. Semen Tonasa terima kasih atas ilmu dan bimbingannya.
12. Teman-teman kerja praktek saya Rahayu, Izzah, Fadhyl, January, Zhalshabilah, yang menjadi teman seperjuangan dan bermain selama kerja praktek.

13. Teman-teman mahasiswa Teknik Kimia Mineral angkatan 2016, Keluarga Besar Himatek Poltek ATIM atas semua semangat, motivasi, dukungan dan bantuannya selama masa kerja praktek.
14. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah turut membantu dalam terlaksananya kegiatan kerja praktek ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis berharap adanya tanggapan berupa saran maupun kritik yang bersifat membangun dari semua pihak untuk bahan evaluasi kedepannya.

**Makassar, 24 September 2019**

**NISWATUL AZZANI**

## ABSTRAK

**NISWATUL AZZANI. 2019.** Analisis Kadar Air, Kadar Abu dan Nilai Kalori pada Batubara di Unit *Kiln* pada PT. SEMEN TONASA. Di bawah bimbingan IDI AMIN sebagai pembimbing I dan FLAVIANA YOHANALA PRISTA TYASSENA sebagai pembimbing II.

PT. Semen Tonasa merupakan industri semen terbesar di kawasan timur Indonesia. Dalam proses pembuatan semen, bahan bakar utama yang digunakan di PT. Semen Tonasa adalah batubara yang digunakan sebagai bahan bakar dalam *kiln* untuk membentuk *klinker* yang merupakan bahan dasar semen. Dalam hal ini kualitas batubara yang baik yaitu batubara yang menghasilkan nilai kalori yang tinggi serta kadar air dan kadar abu yang rendah. Nilai kalori berbanding terbalik dengan kadar air dan kadar abu, semakin tinggi nilai kalori maka hasil panas yang dihasilkan batubara semakin tinggi dalam proses pembakaran *klinker*. Pada penelitian ini, masalah yang diangkat mengenai analisis kadar air, kadar abu dan nilai kalori pada batubara di unit *kiln* pada PT. Semen Tonasa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa nilai kadar air, kadar abu dan nilai kalori pada batubara di unit kiln pada PT. Semen Tonasa. Penelitian ini berlangsung dari tanggal 1 Maret hingga 30 April 2019. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Data kuantitatif dikumpulkan melalui pengujian secara langsung di laboratorium analisis batubara PT. Semen Tonasa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar air sebanyak 20,58% dan nilai kalorinya 4946 cal/g, sedangkan rata-rata kadar abu 17,7% dan nilai kalorinya 4203 cal/g. Maka dapat dikatakan bahwa tingginya kadar air dan kadar abu dalam batubara maka nilai kalorinya akan semakin rendah, dan begitu pun sebaliknya semakin menurun kadar air dan kadar abu maka kualitas batubara semakin tinggi.

**Kata Kunci :** *Batubara, kadar air, kadar abu, nilai kalori*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
A. PT. Semen Tonasa .....	4
B. Semen dan Proses Pembuatan Semen .....	5
C. Pengertian kadar air, kadar abu dan nilai kalori .....	9
D. Batubara .....	12
E. Teori dan Proses Pembentukan Batubara .....	13
F. Jenis Batubara .....	15
G. Analisa dan Parameter Kualitas Batubara.....	17
H. Kerangka Berpikir .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>24</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	24
B. Alat dan Bahan .....	24
C. Jenis Penelitian.....	24
D. Teknik Pengumpulan Data .....	25
E. Analisis Data .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>28</b>
A. Hasil .....	28
B. Pembahasan.....	29

<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>31</b>
A. Kesimpulan.....	31
B. Saran .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>34</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data hasil pengujian kadar air kadar abu dan nilai kalori.....	28
--------------------------------------------------------------------------	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur proses pembuatan semen .....	5
Gambar 2.2 Antrasit .....	15
Gambar 2.3 Sub-bituminus .....	16
Gambar 2.4 Lignit .....	16
Gambar 2.5 Gambut.....	17
Gambar 2.6 Kerangka berpikir .....	22
Gambar 4.1 Grafik kadar air terhadap nilai kalori.....	29
Gambar 4.2 Grafik kadar abu terhadap nilai kalori.....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 3.1 Proses pengujian sampel batubara.....	35
Lampiran 4.1 Perhitungan kadar air.....	37
Lampiran 4.2 Perhitungan kadar abu.....	44
Lampiran 4.3 Data nilai kadar air .....	50
Lampiran 4.4 Data nilai kadar abu .....	51

## DAFTAR ISTILAH

<i>ASTM</i>	: Metode analisa Amerika untuk pengujian material
<i>Air slight</i>	: Sedikit udara
<i>Ash</i>	: Kadar abu
<i>Ash Content</i>	: Kandungan abu
<i>Burning</i>	: Proses pembakaran
<i>Burning zone</i>	: Tempat terjadinya pembakaran bahan bakar
<i>Bomb calorimeter</i>	: Alat yang digunakan untuk mengukur nilai kalori
<i>Crusher</i>	: Alat utama untuk menghancurkan bahan baku
<i>Clay</i>	: Tanah liat
<i>Cyclone</i>	: Alat industri yang berfungsi memisahkan fluida
<i>Calsiner</i>	: Tahap terjadinya proses penguraian
<i>Cross flow</i>	: Lintasan aliran
<i>Cooler</i>	: Pendinginan
<i>Coal Calorific Value</i>	: Nilai Kalori batubara
<i>Coalification</i>	: Pembatubaraan
<i>Flushing</i>	: Pembilasan
<i>Finish mill</i>	: Tahap penggilingan akhir
<i>Fixed carbon</i>	: Karbon tetap
<i>Gypsum</i>	: Bahan tambahan dalam pembuatan semen
<i>Inlet</i>	: Tempat material masuk
<i>Iron sand</i>	: Pasir besi
<i>Klinker</i>	: Bahan utama dalam pembuatan semen
<i>Kiln</i>	: Alat berbentuk tabung yang di dalamnya terdapat semburan api
<i>Kiln feed</i>	: Umpan tanur
<i>Klinker silo</i>	: Wadah untuk penyimpanan hasil proses cooler
<i>Limestone</i>	: Batu Kapur
<i>Mining</i>	: Penambangan atau penggalian
<i>Mix pile</i>	: Tumpukan campuran
<i>Primary crusher</i>	: Tahap penghancuran yang pertama
<i>Preheater</i>	: Pemanasan awal
<i>Packing</i>	: Proses pengemasan
<i>Peatification</i>	: Penggambutan
<i>Raw mill</i>	: Alat yang digunakan untuk proses penggilingan material
<i>Refractory</i>	: Batu tahan api
<i>Storage</i>	: Tempat penyimpanan bahan baku
<i>Softening point</i>	: Titik pelunakan
<i>Silo cement</i>	: Tempat penampungan semen
<i>Secondary crusher</i>	: Tahap penghancuran yang kedua

*Unshaped material* : Material yang tidak dibentuk  
*Volatile matter* : Kandungan abu  
*Water handling* : Penanganan air

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

PT. Semen Tonasa merupakan badan usaha milik negara (BUMN) yang memproduksi semen untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri khususnya di wilayah Indonesia Timur. Perusahaan ini berada di Desa Biring Ere, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. Pada umumnya proses produksi yang digunakan di PT. SEMEN TONASA adalah proses utama *raw mill* sampai *finish mill*. Bahan bakar utama yang digunakan adalah batubara yang digunakan sebagai bahan bakar dalam *kiln* untuk membentuk *klinker* yang merupakan bahan dasar semen (PT. Semen Tonasa, 2019).

Batubara merupakan salah satu bahan bakar yang banyak digunakan selain bahan bakar minyak dan gas bumi. Secara umum batubara digunakan untuk tujuan pembakaran dan pembangkit tenaga listrik. Batubara selain berfungsi sebagai bahan bakar, komposisi kandungan abu batubara dalam industri semen juga berperan dalam menentukan kualitas *klinker* yang dihasilkan dari proses pembakaran. Kandungan abu batubara adalah residu yang tidak mudah terbakar yang tersisa setelah batubara terbakar (PT. Semen Tonasa, 2019).

Salah satu parameter yang menentukan kualitas batubara ialah kadar air, kadar abu dan nilai kalori. Nilai kalori adalah ukuran dari energi panas dalam batubara yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan harga batubara. Nilai kalori adalah banyaknya panas yang dapat dilepaskan oleh setiap kilogram batubara jika dibakar sempurna. Kadar air dan kadar abu mempengaruhi nilai kalori (WCI,2012).

Hubungan antara kadar air dan kadar abu terhadap nilai kalori yaitu semakin tinggi nilai kalori maka hasil panas yang dihasilkan batubara semakin tinggi dalam proses pembakaran *klinker*. Maka dari itu, penting dilakukan analisis proksimat kadar air, kadar abu dan nilai kalori batubara. Berdasarkan uraian tersebut, penting dilakukan penelitian untuk mengetahui berapa nilai kadar air, kadar abu dan nilai kalori dalam batubara (Ward, 1984).

#### **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah berapa nilai kadar air, kadar abu dan nilai kalori pada batubara?

#### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa nilai kadar air, kadar abu dan nilai kalori pada batubara.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

##### **i. Bagi Perusahaan**

Sebagai bahan referensi bagi perusahaan untuk mengetahui tingginya kadar air dan kadar abu yang berpengaruh terhadap nilai kalori dalam batubara.

##### **ii. Bagi Penelitian selanjutnya**

Sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan menggunakan sampel batubara yang beragam sehingga mengetahui kadar air dan kadar abu berpengaruh terhadap nilai kalori dalam batubara.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. PT. Semen Tonasa**

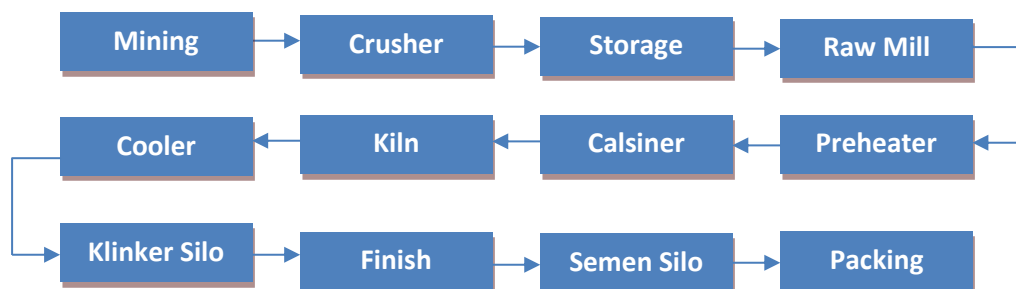
PT Semen Tonasa adalah produsen semen terbesar di Kawasan Timur Indonesia yang menempati lahan seluas 715 hektar di Desa Biringere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep, sekitar 68 kilometer dari kota Makassar. Perseroan yang memiliki kapasitas terpasang 5.980.000 ton semen per tahun, mempunyai empat unit pabrik, yaitu Pabrik Tonasa II, III, IV dan V. Keempat unit pabrik tersebut menggunakan proses kering dengan kapasitas masing-masing 590.000 ton semen pertahun untuk Unit II dan III, 2.300.000 ton semen per tahun untuk Unit IV serta 2.500.000 ton semen untuk Unit V (PT. Semen Tonasa, 2019).

#### **B. Semen dan Proses Pembuatan Semen**

Semen berasal dari kata *Caementum* yang berarti bahan perekat yang mampu mempersatukan atau mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh atau suatu produk yang mempunyai fungsi sebagai bahan perekat antara dua atau lebih bahan sehingga menjadi suatu bagian yang kompak atau dalam pengertian yang luas adalah material plastis yang memberikan sifat rekat antara batuan-batuan konstruksi bangunan (Kardiyono,1992).

Semen adalah suatu campuran bahan-bahan kimia yang mempunyai sifat hidrolis dan apabila dicampur dengan air akan bereaksi dan berubah menjadi bahan yang mempunyai sifat perekat sehingga bisa mengikat bahan-bahan lain menjadi satu satuan massa yang padat. Karena udara mengandung uap air maka proses pengerasan semen dapat terjadi di air maupun udara. Sifat hidrolis ini yang menjadikan semen sebagai bahan utama dalam konstruksi bangunan, jalan, jembatan, bendungan, dan lain-lain (Peray,1979).

Menurut (PT. Semen Tonasa,2019) proses pembuatan semen harus melalui beberapa tahap seperti gambar di bawah



Gambar 2.1 Alur proses pembuatan semen

### 1. Penambangan (*Mining*)

Penambangan (*mining*) yaitu penggalian dan penambangan bahan baku dari di daerah tambang. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan semen *portland* adalah bantuan alam yang mengandung oksida-oksida kalsium, silika, dan alumina. Bahan baku utama yang digunakan adalah batu kapur (*limestone*) dan tanah liat.

## 2. Proses Penghancuran (*Crushing*)

Alat utama untuk menghancurkan bahan baku adalah *crusher*. Bongkahan-bongkahan yang hasil penambangan dipecah menjadi ukuran yang lebih kecil. Batu kapur yang telah melalui proses penambangan akan diperkecil ukurannya dengan melalui 2 tahap *crusher*. *Primary crusher* merupakan penghancuran pertama, dimana ukuran batu kapur yang dihasilkan berukuran lebih kecil dari 125 mm. Setelah itu batu kapur kemudian mengalami pengancuran kembali di *secondary crusher* dengan ukuran yang dihasilkan berukuran lebih kecil 80 mm. material yang telah hancur akan di simpan di gudang penyimpanan yang disebut *mix pile*.

## 3. *Storage*

*Storage* berfungsi untuk prehomogenisasi atau biasa disebut penyeragaman. Bahan baku disesuaikan dengan bentuk gudang dan cara pengambilan bahan tersebut.

## 4. Penggilingan dan Pengeringan Bahan Baku (*Raw Mill*)

*Raw mill* merupakan tahap terjadinya proses pencampuran bahan baku yaitu batu kapur (*limestone*) dan tanah liat (*clay*), pada proses ini dilakukan untuk pengoreksian menggunakan pasir silika dan pasir besi (*iron sand*) dengan perbandingan tertentu, sehingga hasil produksinya disebut *Raw Meal*.

## 5. Pemanasan Awal (*Preheater*)

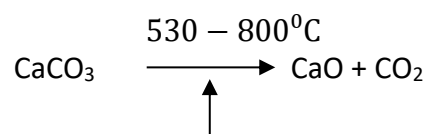
Proses *preheater* berfungsi mereduksi kadar air (H<sub>2</sub>O) serta memisahkan antara *kiln feed* dengan gas dari *kiln* dengan menggunakan *cyclone*. Temperature di tiap-tiap *cyclone* harus dijaga agar tidak terjadi *flushing* (material mentah masuk *kiln*). *Flushing* ini dapat terjadi karena :

- a. Terbentuknya gumpalan *Raw Material* pada *Cyclone Preheater* hingga jatuh ke *kiln*
- b. Laju aliran umpan tidak terkendali
- c. Turunnya temperatur pada *burning zone*.

Bagian yang halus dan kasar akan terpisahkan, yang halus akan terbawa aliran gas panas sedangkan bagian yang kasar masuk ke dalam tanur putar atau *kiln* untuk mengalami proses berikutnya. Waktu tinggal umpan dari puncak *preheater* sampai ke bawah *preheater* berkisar antara 15-25 menit.

## 6. *Calsiner*

*Calsiner* merupakan tahap terjadinya proses kalsinasi (penguraian) *kalsium karbonat* (batu kapur) sehingga dihasilkan kalsium oksida dan gas karbon dioksida yang terbentuk pada suhu 530-800°C dengan reaksi :



7. Pembakaran (*Kiln*)

*Kiln* memerlukan bahan isolator (*refractory*) yang tahan suhu tinggi. Bahan yang dipilih adalah batu tahan api dengan *softening point* diatas 1520°C. Selain bata tahan api terdapat jenis *refractory* jenis lain yaitu *unshaped material* ( material yang tidak dibentuk). Material ini digunakan untuk melapisi bagian-bagian tertentu dalam kiln, misalnya di *inlet* atau *outlet kiln*.

8. Pendinginan (*Cooling*)

*Cooling* adalah proses pendinginan pada *klinker* berbentuk batu-batuan yang dikeluarkan oleh *kiln* diakomodasikan oleh udara yang masuk secara *cross flow* dengan *klinker*. Temperatur *klinker* yang masuk adalah sekitar 1460°C.

9. *Klinker Silo*

*Klinker silo* merupakan wadah untuk penyimpanan hasil proses *cooler* yaitu *klinker* dingin.

10. Penggilingan Akhir (*Finish Mill*)

Pada tahap *finish mill* dilakukan proses penambahan *gypsum* terhadap terak, berfungsi untuk mengatur waktu pengerasan semen sehingga hasil semen tidak cepat keras bila dicampurkan air pada saat proses penggunaan semen.

#### 11. *Cement Silo*

Sama halnya dengan *klinker silo*, tetapi *silo* ini adalah wadah terakhir untuk semen yang akan *dipacking*.

#### 12. Pengepakan

Setelah melalui tahap pengolahan akhir, maka semen dari *silo cement* akan ditransportasikan dengan *air slight* menuju tempat *packer*.

Pada *packer*, hanya ada dua jenis semen yang *dipacking*. Yaitu *ordinary portland cement* (OPC) yang *dipacking* dengan truk tabung langsung ke pelabuhan untuk proyek-proyek besar. Sedangkan untuk semen jenis *portland composite cement* (PCC) adalah semen yang *dipacking* untuk produksi perumahan yang biasa dijual dengan kemasan 40 kg atau 50 kg.

### C. Pengertian kadar air, kadar abu dan nilai kalori

Dalam batubara ada beberapa yang terkandung di dalamnya yaitu :

#### 1. Kadar air

Kadar air adalah persentase kandungan air pada suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen.

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan. Dalam hal ini terdapat dua metode untuk menentukan kadar air bahan tersebut yaitu berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan

berdasarkan bobot basah (wet basis). Dalam penentuan kadar air bahan pangan biasanya dilakukan berdasarkan bobot basah. Dalam perhitungan ini berlaku rumus sebagai berikut:  $KA = (W_a / W_b) \times 100\%$  (Taib, 1988).

## 2. Kadar abu

Kadar abu merupakan campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu bahan pangan. Bahan pangan terdiri dari 96% bahan anorganik dan air, sedangkan sisanya merupakan unsur-unsur mineral. Unsur juga dikenal sebagai zat organik atau kadar abu. Kadar abu tersebut dapat menunjukkan total mineral dalam suatu bahan pangan. Bahan-bahan organik dalam proses pembakaran akan terbakar tetapi komponen anorganiknya tidak, karena itulah disebut sebagai kadar abu.

Penentuan kadar abu adalah mengoksidasikan senyawa organik pada suhu yang tinggi, yaitu sekitar 500-600°C dan melakukan penimbangan zat yang tinggal setelah proses pembakaran tersebut. Lama pengabuan tiap bahan berbeda-beda dan berkisar antara 2-8 jam. Pengabuan dilakukan pada alat pengabuan yaitu tanur yang dapat diatur suhunya. Pengabuan dianggap selesai apa bila diperoleh sisa pembakaran yang umumnya berwarna putih abu-abu dan beratnya konstan dengan selang waktu 30 menit. Penimbangan terhadap bahan dilakukan dalam keadaan dingin, untuk itu krus yang berisi abu diambil dari dalam tanur harus lebih dahulu dimasukan ke dalam oven bersuhu 105°C agar

suhunya turun menyesuaikan dengan suhu didalam oven, kemudian dimasukkan kedalam desikator sampai dingin, dan abunya dapat ditimbang hingga hasil timbangannya konstan ( Sudarmadji, 1989).

### 3. Nilai kalori

Nilai kalor adalah ukuran dari energi panas dalam batubara yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan harga batubara. Nilai kalor adalah banyaknya panas yang dapat dilepaskan oleh setiap kilogram batubara jika dibakar sempurna. Dalam sistem S.I, nilai kalor dinyatakan dalam satuan KJ/Kg. Terdapat empat macam nilai kalor yang berbeda yaitu :

1. Nilai kalor kotor pada volume konstan ( $G_{cv} V$ ).
2. Nilai kalor bersih pada volume konstan ( $N_{cv} V$ ).
3. Nilai kalor kotor pada tekanan konstan ( $G_{cv} P$ ).
4. Nilai kalor bersih pada tekanan konstan ( $N_{cv} P$ ).

*Bomb calorimeter* adalah salah satu alat yang dipakai untuk mengukur nilai kalor kotor pada volume konstan, sedangkan nilai kalor yang lain selanjutnya akan dapat dihitung jika komposisi bahan bakar telah diketahui. Metode penentuan nilai kalor batubara menggunakan *bomb calorimeter* dilakukan dengan membakar sejumlah kecil sampel batubara dalam oksigen di dalam sebuah cawan yang ditempatkan dalam bejana kalorimeter. Selanjutnya bejana beserta isinya ditempatkan didalam bejana berongga yang lebih besar dimana di dalam

rongga dinding bejana diisi dengan air untuk membentuk jacket, hal ini bertujuan untuk memperkecil transfer panas antara bejana kalorimeter dengan lingkungan. Kemudian sampel batu bara tersebut dibakar dengan bantuan pemantik listrik, dan panas yang dilepaskan dari proses pembakaran sampel tersebut kemudian diukur dengan cara mengukur temperatur air dalam kalorimeter sebelum dan naiknya suhu dikalikan dengan panas jenis air (WCI, 2012).

#### **D. Batubara**

Batubara (*coal*) adalah sedimen batuan organik yang mudah terbakar (dengan komposisi utama karbon, hidrogen, dan oksigen), terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan selama periode waktu yang panjang (puluhan sampai ratusan juta tahun). Sisa-sisa tumbuhan dapat berasal antara lain dari lumut, ganggang, kayu, buah, dan dedaunan yang merupakan sumber senyawa organik (selulosa, karbohidrat, lignin, protein, dan lemak). Selain terbentuk dari senyawa-senyawa organik, juga disertai senyawa-senyawa anorganik terutama unsur mineral yang berasal dari lempung, pasir kuarsa, batu kapur, dan sebagainya. Akibat pengaruh tekanan dan mikroba disertai beberapa peristiwa kimia dan fisika ataupun keadaan geologi, sisa-sisa tumbuhan ini akan hancur, menggumpal, bersatu dengan lainnya yang akhirnya membentuk lapisan batubara ( Aladin, 2011).

## E. Teori dan Proses Pembentukan Batubara

Terbentuknya batubara selalu dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama (puluhan sampai ratusan juta tahun) dibawah pengaruh fisika, kimia ataupun juga dipengaruhi oleh proses-proses geologi (lihat disini tentang ilmu geologi). Ada dua teori mengenai tempat terbentuknya batu bara (Sukandarrumidi, 1995), yaitu *teori insitu* dan *teori drift* :

### 1. Teori Insitu

Teori ini menyatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuk di tempat dimana tumbuhan asal itu berada, setelah tumbuhan itu mati, dan belum mengalami transportasi, segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses pembatubaraan (*coalification*). Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran luas dan merata, kualitasnya lebih baik karena kadar abunya relatif kecil.

### 2. Teori Drift

Berdasarkan teori ini bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Tumbuhan yang telah mati diangkut oleh media air (baca juga mengenai massa jenis air) dan berakumulasi di suatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami proses pembatubaraan (*coalification*). Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini

mempunyai penyebaran yang tidak luas, tetapi dijumpai di beberapa tempat, dan kualitasnya kurang baik karena banyak mengandung material pengotor yang terangkut bersama selama proses pengangkutan dari tempat asal tumbuhan ke tempat sedimentasi.

Secara umum telah diterima bahwa batubara berasal dari tumbuhan. Tumbuhan yang tumbang atau mati pada umumnya akan mengalami proses pembusukan dan penghancuran yang sempurna, sehingga setelah beberapa waktu kemudian tidak terlihat lagi bentuk asalnya. Pembusukan dan penghancuran tersebut, pada dasarnya merupakan proses oksidasi yang disebabkan oleh aktivitas bakteri dan jasad renik lainnya. Dan proses pembentukan batubara dari tumbuhan terdiri dari dua tahap yaitu :

1. Tahap penggambutan (*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5–10 meter. Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan NH<sub>3</sub> untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut (Stach, 1982).
2. Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia, dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya, temperatur, tekanan, dan waktu terhadap komponen organik dari gambut. Pada tahap ini persentase

karbon akan meningkat, sedangkan presentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit. Meningkatnya peringkat batubara dari lignit hingga berubah menjadi subbitumin dan antrasit disebabkan oleh kombinasi antara proses fisika dan kimia serta aktifitas biologi (Stach, 1982).

#### F. Jenis Batubara

Batubara terbentuk dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama (puluhan sampai jutaan tahun) dibawah pengaruh fisika, kimia, ataupun keadaan geologi. Berdasarkan dari mutu atau tingkatannya batubara dikelompokkan menjadi kelas :

1. Antrasit adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86-98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.



Gambar 2.2 Antrasit (Sukandarrumidi, 1995).

2. Bituminus mengandung 68-86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batubara yang paling banyak ditambang di Australia.

3. Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.



Gambar 2.3 Sub-bituminus (Sukandarrumidi, 1995).

4. Lignit atau batubara coklat adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.



Gambar 2.4 Lignit (Sukandarrumidi, 1995).

5. Gambut berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.



Gambar 2.5 Gambut (Sukandarrumidi, 1995).

### G. Analisa dan Parameter Kualitas Batubara

Terdapat tiga jenis analisa dan pengujian batubara, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Analisa Proksimat (Analisa Pendekatan)

Analisis proksimat batubara bertujuan untuk menentukan kadar moisture (air dalam batubara) kadar moisture ini mencakup pula nilai free moisture serta total moisture, *ash* (abu), *volatile matters* (zat terbang), dan *fixed carbon* (karbon tertambat).

#### 2. Analisa Ultimat (Analisa Elementer)

Analisa Ultimat batubara dilakukan untuk menentukan kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S) dalam batubara. Analisa ultimat saat ini sepenuhnya dilakukan oleh alat yang sudah terhubung dengan komputer. Prosedur analisis ultimat ini cukup ringkas, cukup dengan memasukkan sampel batubara ke dalam alat dan hasil analisis akan muncul kemudian pada layar komputer.

#### 3. Analisa Lain-Lain

Analisa lain-lain adalah analisa untuk menentukan *calorific value* (nilai kalor), total sulfur, *ash* (susunan kandungan abu), *ash fusion*

*temperature* (AFT) (titik leleh abu), *hardgrove grindability index* (HGI) dan lain-lain (Susilawati, 1992).

Secara umum, parameter kualitas batubara yang lazim digunakan adalah kadar air, *ash content*, total sulfur, *volatile matter* dan nilai kalori.

#### 1. *Moisture in The Analysis Sample* (MAS)

*Moisture in The Analysis Sample* yaitu kandungan air yang terdapat dalam batubara pada saat diperiksa atau pada saat telah dikeringkan dengan udara. Besar kecilnya MAS ini dipengaruhi oleh peringkat batubara dan *temperature* pada saat batubara di analisa. Dan juga berpengaruh pada preparasi sample sebelum MAS di analisa. Kandungan air berhubungan erat dengan derajat sample batubara asal. Untuk menentukan kadar air dalam batubara dapat dilakukan dengan dua metoda yaitu standar *ASTM*, dengan menggunakan udara kering dan standar *ISO*, dengan menggunakan gas Nitrogen.

Kandungan air dalam sample dapat didefinisikan sebagai persentase berat yang hilang jika sample batubara dipanaskan pada kondisi temperatur standar yakni pada suhu 105° C. Air yang terkandung dalam batubara menyebabkan penurunan mutu batubara karena :

- a. Menurunkan nilai kalor dan memerlukan sejumlah kalor untuk penguapan.
- b. Menurunkan titik nyala.

- c. Memperlambat proses pembakaran, dan menambah volume gas buang (WCI, 2002).

## 2. *Ash Content* (Kandungan abu)

Batubara sebenarnya tidak mengandung abu, melainkan mengandung mineral matter. Namun mineral matter dapat dianalisa dan dinyatakan sebagai kadar abu atau *ash Content*. Di dalam analisis batubara, abu didefinisikan sebagai sisa pembakaran yang tinggal jika batubara dipijarkan. Sisa ini merupakan hasil perubahan kimia ketika proses pengabuan terjadi. Sisa pembakaran yang tinggal adalah senyawa dari material anorganik, seperti  $MgO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_3$ , dan material organik lainnya dalam jumlah kecil seperti Cd, As, Pb, Zn, Hg, dan Ni.

Kadar abu dari batubara penting diketahui sebab :

- a. Kadar abu memberikan indikasi dasar terhadap kekotoran batubara sehingga dapat dipakai sebagai dasar untuk perencanaan kelayakan pembakaran tanur.
- b. Kadar abu mencerminkan banyaknya mineral dalam batubara dan secara tidak langsung mencerminkan jumlah nilai kalor dari batubara. Bila kadar abu tinggi maka nilai kalor rendah (WCI, 2002).

## iii. *Total Sulfur* (Kandungan Sulfur)

Di dalam batubara, sulfur merupakan bagian dari mineral carbonaceous atau bagian dari mineral sulfat dan sulfide. Dengan sifatnya

yang mudah bersenyawa dengan unsur hidrogen dan oksigen dan membentuk senyawa asam, maka keberadaan sulfur diharapkan bisa seminimal mungkin karena sifatnya yang merupakan pemicu polusi, jadi beberapa negara pengguna batubara menerapkan batas kandungan maksimum hanya 1% untuk batubara yang dimanfaatkan untuk keperluan industri.

Salah satu cara untuk menentukan kadar sulfur yaitu melalui pembakaran pada suhu tinggi. Batubara dioksidasi dalam *tube furnace* dengan suhu mencapai 1350°C. Sulfur oksida (SO<sub>x</sub>) yang terbentuk sebagai hasil pembakaran lalu ditangkap oleh detektor infra merah dan dianalisa. Kandungan sulfur dibagi menjadi 2 bagian yaitu organik sulfur dan anorganik sulfur. di proses pembakaran kandungan belerang di dalam batubara berubah menjadi gas SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub>. Selain menjadi penyebab terjadinya polusi udara, gas ini menjadi penyebab terjadinya korosi di permukaan penghantar panas boiler (WCI, 2012).

iv. *Volatile Matter* (Kandungan Zat Terbang)

*Volatile Matter* adalah parameter yang menyatakan jumlah kandungan zat terbang yang mudah menguap dalam batu bara yang umumnya berupa senyawa karbon dalam bentuk gas. *Volatile matter* merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam mengklasifikasikan batu bara.

Kandungan zat terbang berpengaruh pada pembakaran batubara, karena dengan kadar zat terbang yang tinggi relative mudah terbakar sehingga proses pembakaran berjalan cepat. Sebaliknya batubara dengan kandungan zat terbang rendah relative sulit terbakar sehingga proses pembakaran berjalan lama. Penilaian tersebut didasarkan pada rasio atau perbandingan antara kandungan karbon (*fixed carbon*) dengan zat terbang, yang disebut dengan rasio bahan bakar (*fuel ratio*) (WCI, 2012).

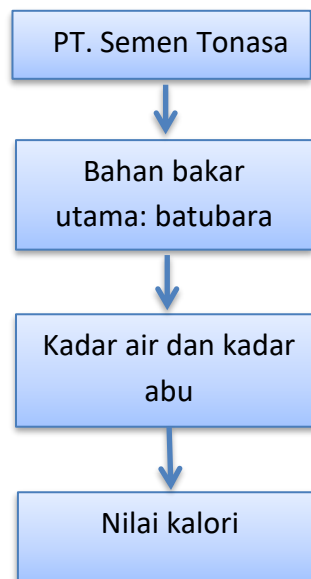
v. *Coal Calorific Value* (Nilai Kalori Batubara)

Salah satu parameter penentu kualitas batubara ialah nilai kalornya, yaitu seberapa banyak energi yang dihasilkan per satuan massanya. Nilai kalor adalah ukuran dari energi panas dalam batubara yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan harga batubara. Nilai kalor adalah banyaknya panas yang dapat dilepaskan oleh setiap kilogram batubara jika dibakar sempurna. Dalam sistem S.I, nilai kalor dinyatakan dalam satuan KJ/Kg. Nilai kalor batubara diukur menggunakan alat yang disebut *bomb kalorimeter*.

Kalorimeter bom terdiri dari 2 unit yang digabungkan menjadi satu alat. Unit pertama ialah unit pembakaran di mana batu bara dimasukkan di dalam bom lalu di injeksikan oksigen lalu bom itu dimasukkan ke dalam bejana disini batubara dibakar dengan adanya pasokan udara/ oksigen sebagai pembakar. Unit kedua ialah unit pendingin/ kondensor (*water handling*). Nilai kalori dari sampel batubara ditetapkan dengan cara

membakar sampel dalam lingkungan berisi gas oksigen dengan tekanan 30 atm, panas yang dilepaskan oleh pembakaran setimbang dengan nilai kalori sampel. Nilai kalor yang diperoleh dikenal dengan istilah *Gross Calorific Value* (GCV) (WCI, 2002).

#### H. Kerangka Berpikir



Gambar 2.6 Kerangka Barpikir

PT. Semen Tonasa merupakan badan usaha milik negara (BUMN) yang memproduksi semen untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri khususnya di wilayah Indonesia Timur. Perusahaan ini berada di Desa Biring Ere, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. Bahan bakar utama yang digunakan di PT. Semen Tonasa adalah batubara. Batubara merupakan salah satu bahan bakar yang banyak digunakan disamping bahan bakar minyak dan gas bumi. Secara umum batubara digunakan untuk tujuan pembakaran dan pembangkit tenaga listrik.

Salah satu parameter yang menentukan kualitas batubara ialah kadar air, kadar abu dan nilai kalori. Kandungan abu batubara adalah residu yang tidak mudah terbakar yang tersisa setelah batubara terbakar. Nilai kalori adalah ukuran dari energi panas dalam batubara yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan harga batubara. Kadar air dan kadar abu mempengaruhi nilai kalori. Dalam penelitian ini peneliti melakukan analisa parameter terhadap batubara yang bertujuan untuk mengetahui kualitas batubara.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tempat Dan Waktu**

Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis Batubara PT. Semen Tonasa di Kawasan Timur Indonesia yang terletak di Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. Penelitian ini berlangsung selama 2 bulan, terhitung mulai dari tanggal 1 Maret 2019 sampai dengan 30 April 2019.

#### **B. Alat dan Bahan**

Dalam pengumpulan dan pengolahan data, alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace*, oven, neraca analitik, *bomb calorimeter*, cawan porselin, spatula, *gegep*, *crucible* dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah sampel batubara, aquades dan benang.

#### **C. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Data kuantitatif dikumpulkan melalui pengujian secara langsung di laboratorium analisis batubara dengan melakukan pengamatan secara langsung ke objek yang diteliti mengenai pengaruh ash terhadap nilai kalori dalam batubara yang berhubungan dengan permasalahan yang didapatkan dalam penelitian sebagai landasan penulisan tugas akhir.

#### **D. Teknik Pengumpulan Data**

Dalam penelitian yang dilakukan pada PT. Semen Tonasa, adapun teknik pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian di Laboratorium analisis batubara.
2. Prosedur Kerja

##### **a. Pegujian kadar abu**

- 1). Disiapkan sampel batubara yang telah di equalisasi sebelumnya.
- 2). Ditimbang batubara  $\pm 1,0000$  gram ke dalam cawan yang telah diketahui bobotnya.
- 3). Dipanaskan dalam *furnace* pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  selama  $\frac{1}{2}$  jam kemudian naikkan suhu  $750^{\circ}\text{C}$  pertahankan selama  $2\frac{1}{2}$  jam.
- 4). Kemudian keluarkan sampel dari *furnace*, lalu di dinginkan dan ditimbang.
- 5). Dicatat hasil penimbangan.

##### **b. Pengujian kadar air**

- 1). Disiapkan sampel batubara yang telah di equalisasi sebelumnya.
- 2). Ditimbang batubara  $\pm 1,0000$  gram ke dalam cawan yang telah diketahui bobotnya.
- 3). Dipanaskan dalam oven pada suhu  $105-110^{\circ}\text{C}$  selama  $1\frac{1}{2}$  jam.
- 4). Kemudian keluarkan sampel dari oven, lalu di dinginkan dan ditimbang.
- 5). Dicatat hasil penimbangan.

### c. Pengujian Nilai Kalori

- 1). Kabel disambungkan ke arus listrik, kemudian tekan tombol ON.
- 2). Sampel kemudian dipasang pada *bomb head* yang telah dipasangkan benang.
- 3). Diusahakan benang menyentuh sampel yang ada dalam *crucible*, pasang tutup *bomb head* dan tutup rapat.
- 4). Dipasang *bomb head* pada *bomb calorimeter*, lalu tekan OK
- 5). Dimasukkan berat sampel dan nama sampel pada display alat lalu tekan OK dan tekan *START*.
- 6). Dibiarkan selama beberapa menit selama proses pengukuran, tunggu hingga selesai.
- 7). Dicatat hasil pengukuran nilai kalori yang ada pada display / layar alat.
- 8). Dibuka *bomb head* kemudian dikeluarkan *crucible* dan dibersihkan.
- 9). Kemudian tekan tombol off dan kabel dicabut dari arus listrik.

### E. Analisis Data

Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini selanjutnya dianalisis dengan menggunakan rumus :

1. Perhitungan kadar Air (%) (PT. Semen Tonasa, 2019)

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

2. Perhitungan kadar abu (%) (PT.Semen Tonasa, 2019)

$$\text{kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

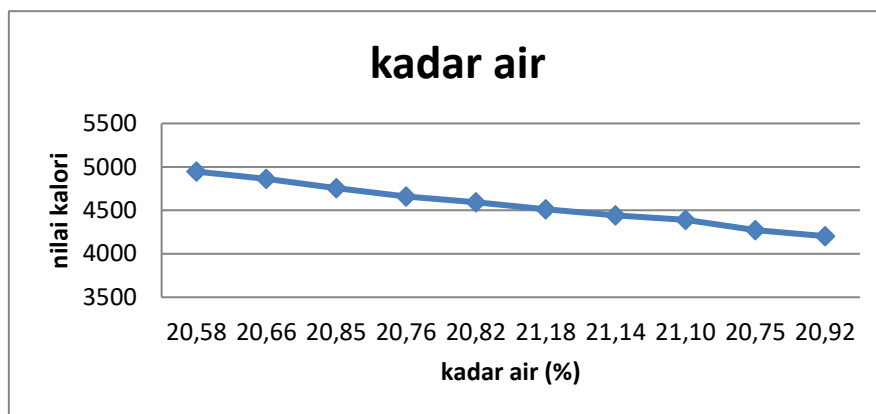
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu, pengaruh penambahan abu terhadap nilai kalori dalam batubara maka didapatkan data pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1. Data hasil pengujian kadar air, kadar abu dan nilai kalori

NO	Kadar Air (%)	Average	Kadar Abu (%)	Average	Nilai Kalori (cal/g)
1	20,59	20,58%	4,2	4,2%	4946
	20,66		4,2		
2	20,77	20,66%	6	6%	4863
	20,66		6		
3	20,82	20,85%	7,7	7,7%	4754
	20,89		7,7		
4	20,81	20,76%	9,8	9,7%	4658
	20,71		9,7		
5	20,84	20,82%	10,9	10,9%	4594
	20,8		10,9		
6	21,17	21,18%	11,9	11,9%	4511
	21,19		12		
7	21,15	21,14%	13,4	13,4%	4441
	21,14		13,4		
8	21,10	21,10%	14,3	14,2%	4392
	21,11		14,2		
9	20,77	20,75%	16,5	16,4%	4272
	20,74		16,4		
10	20,90	20,92%	17,6	17,7%	4203
	20,95		17,8		

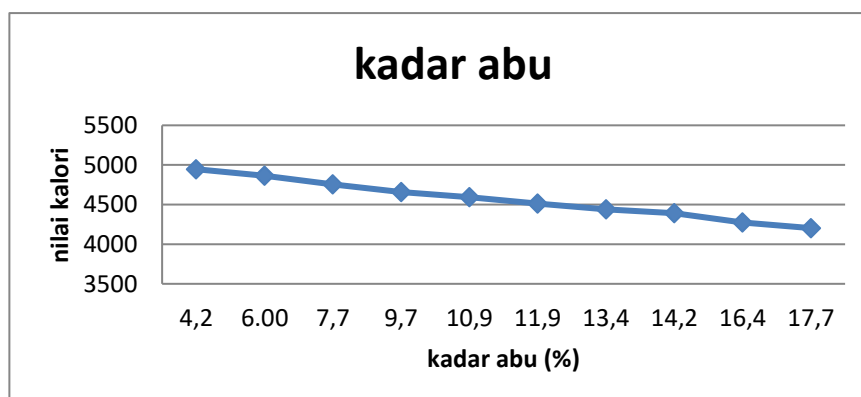
## B. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap analisis proksimat pada batubara maka di dapatkan hasil persentase kadar air dan kadar abu.



Gambar 4.1 Grafik kadar air terhadap nilai kalori

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa, grafik menunjukkan kadar air yang rendah maka nilai kalorinya akan semakin tinggi. Dimana kadar air sebanyak 20,58% dan nilai kalorinya 4946 cal/g. Menurut Rahmah (2017), semakin rendah kadar air maka nilai kalorinya akan semakin tinggi sehingga mempunyai kualitas yang baik.



Gambar 4.2 Grafik kadar abu terhadap nilai kalori

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa, grafik menunjukkan kadar abu yang tinggi maka nilai kalorinya akan semakin rendah. Dimana kadar abu sebanyak 17,7% dan nilai kalorinya 4203 cal/g. Maka dapat dikatakan bahwa salah satu yang menyebabkan rendahnya nilai kalori adalah tingginya kandungan abu. Apabila kandungan abu yang tinggi berarti batubara tidak terbakar sempurna dan kadar abu akan mempengaruhi tingkat korosi peralatan yang dilalui (Muchjidin, 2006).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa rata-rata kadar air sebanyak 20,58% dan nilai kalorinya 4946 cal/g, sedangkan rata-rata kadar abu 17,7% dan nilai kalorinya 4203 cal/g. Maka dapat dikatakan bahwa tingginya kadar air dan kadar abu dalam batubara maka nilai kalorinya akan semakin rendah, dan begitu pun sebaliknya semakin menurun kadar air dan kadar abu maka kualitas batubara semakin tinggi.

#### **B. Saran**

##### **1. Bagi Perusahaan**

Agar lebih memperhatikan kadar air dan kadar abu yang terkandung dalam batubara untuk mencapai nilai kalori yang tinggi sehingga panas yang dihasilkan batubara semakin tinggi pula dalam proses pembakaran.

##### **2. Bagi Penelitian Selanjutnya**

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal mengenai kadar air dan kadar abu yang terkandung dalam batubara perlu dilakukan penelitian menggunakan batubara yang beragam sehingga kadar air dan kadar abu

yang terkandung dalam batubara dapat diketahui dan menghasilkan batubara yang berkualitas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aladin, A. (2011). *Sumber Daya Alam Batubara*. Bandung: Lubuk Agung.
- Bukhori, A. (2012). *Validasi Metode Rapid Test terhadap Metode ASTM (American Standard Test Methods) dalam Penentuan Kadar Inherent Moisture, Total Sulfur dan Calorific Value*. Samarinda: Universitas Mulawarman.
- JCOAL. (2005). *Coal Science Handbook* . Japan Coal Energy Center.
- Kardiyono, T. (1992). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Muchjidin (2006). *Pengendalian Mutu Dalam Batubara*. Bandung: Insitute Teknologi Bandung.
- Peray, K. E. (1979). *Cement Manufacture's Handbook* . New York: Chemical Publishing Co.
- Rahmah, (2017). *Study Pengaruh Ukuran Batubara Terhadap Nilai Kalori Pada Modifikasi Briket Batubara dengan Stimulasi Serat Pelepah Sawit*. Universitas Sriwijaya.
- Stach, E. (1982). *Stach's the book of coal petrology*. Berlin.
- Sukandarrumidi. (1995). *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Susilawati. (1992). *Proses Pembentukan Batubara-Analisa Penelitian dan Pengembangan Geologi*. Bandung : ITB.
- Sudarmaji, S, dkk. (1989). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Penerbit Liberty.
- Taib, G, Wiiratmaja (1988). *Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta : Mediyatama Sarana Perkasa.
- PT. Semen Tonasa (2019). *Modul Pengolahan Batubara*. Makassar: Semen Tonasa.
- WCI. (2004). *The Coal Resource*. World Coal Institute.
- Ward, C.R. (1984). *Coal Geology and Coal Technology*. Blackwell Scientific Publication.

**L**

**A**

**M**

**P**

**I**

**R**

**A**

**N**

### Lampiran 3.1 Proses pengujian sampel batubara

#### 1. Menyiapkan sampel batubara



#### 2. Menimbang sampel batubara



#### 3. Hasil setelah proses pembakaran dalam *furnace*



4. Pada pengujian nilai kalori, sampel kemudian dipasang pada *bomb head* yang telah dipasangkan benang.



5. Pasang *bomb head* pada *bomb calorimeter*, lalu tekan OK



6. Masukkan berat sampel dan nama sampel pada display alat lalu tekan OK dan tekan *START*. Biarkan selama beberapa menit selama proses pengukuran, tunggu hingga selesai.



## Lampiran 4.1 Perhitungan kadar air

### 1. Percobaan pertama

#### ➤ Kadar air

- Simplo

*Kadar air =*

$$\frac{\text{Bobot sebelum pemanasan} - \text{bobot setelah pemanasan}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{23,3331\% - 23,1271\%}{1,0005 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= \frac{0,206}{1,0002} \times 100\% \\ &= 20,59\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Bobot sebelum pemanasan} - \text{bobot setelah pemanasan}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{25,0919\% - 24,8851\%}{1,0005 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= \frac{0,2060}{1,0005} \times 100\% \\ &= 20,66\% \end{aligned}$$

#### ➤ Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\ &= \frac{20,59\% + 20,66\%}{2} \\ &= 20,58\% \end{aligned}$$

### 2. Percobaan kedua

#### ➤ Kadar air

- Simplo

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Bobot sebelum pemanasan} - \text{bobot setelah pemanasan}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{23,7608\% - 23,5530\%}{1,0001 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= \frac{0,2078}{1,0001} \times 100\% \\ &= 20,77\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} Kadar\ air &= \frac{17,8958\% - 17,6891\%}{1,0001\ gram} \times 100\% \\ &= \frac{0,2067}{1,0001} \times 100\% \\ &= 20,66\% \end{aligned}$$

- Rata-rata

$$\begin{aligned} Rata-rata &= \frac{simplo + duplo}{2} \\ &= \frac{20,66\% + 20,66\%}{2} \\ &= 20,66\% \end{aligned}$$

### 3. Percobaan ketiga

- Kadar air

- Simplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} Kadar\ air &= \frac{23,3105\% - 23,1022\%}{1,0005\ gram} \times 100\% \\ &= \frac{0,2083}{1,0002} \times 100\% \\ &= 20,82\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} Kadar\ air &= \frac{19,8990\% - 19,6900\%}{1,0003\ gram} \times 100\% \\ &= \frac{0,209}{1,0003} \times 100\% \\ &= 20,89\% \end{aligned}$$

- Rata-rata

$$\begin{aligned} Rata-rata &= \frac{simplo + duplo}{2} \\ &= \frac{20,82\% + 20,89\%}{2} \\ &= 20,85\% \end{aligned}$$

#### 4. Percobaan keempat

##### ➤ Kadar air

- Simplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{26,2113\% - 26,0031\%}{1,0002\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2082}{1,0002} \times 100$$

$$= 20,81\%$$

- Duplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{24,9653\% - 24,7580\%}{1,0005\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2073}{1,0005} \times 100\%$$

$$= 20,71\%$$

##### ➤ Rata-rata

$$Rata-rata = \frac{simplo + duplo}{2}$$

$$= \frac{20,81\% + 20,71\%}{2}$$

$$= 20,76\%$$

#### 5. Percobaan kelima

##### ➤ Kadar air

- Simplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{22,2705\% - 22,0620\%}{1,0002\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2085}{1,0002} \times 100\%$$

$$= 20,84\%$$

- Duplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air} &= \frac{23,4353\% - 23,2273\%}{1,0000 \text{ gram}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,208}{1,0000} \times 100\% \\
 &= 20,8\%
 \end{aligned}$$

➤ Rata-rata

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\
 &= \frac{20,84\% + 20,8\%}{2} \\
 &= 20,82\%
 \end{aligned}$$

6. Percobaan keenam

➤ Kadar air

• Simplo

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air} &= \frac{\text{Bobot sebelum pemanasan} - \text{bobot setelah pemanasan}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\% \\
 \text{Kadar air} &= \frac{20,8901\% - 20,6783\%}{1,0003 \text{ gram}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2118}{1,0003} \times 100\% \\
 &= 21,17\%
 \end{aligned}$$

• Duplo

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air} &= \frac{\text{Bobot sebelum pemanasan} - \text{bobot setelah pemanasan}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\% \\
 \text{Kadar air} &= \frac{21,8370\% - 21,6250\%}{1,0002 \text{ gram}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,212}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 21,19\%
 \end{aligned}$$

➤ Rata-rata

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\
 &= \frac{21,17\% + 21,19\%}{2} \\
 &= 21,18\%
 \end{aligned}$$

## 7. Percobaan ketujuh

### ➤ Kadar air

- Simplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{18,6848\% - 18,4732\%}{1,0003\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2116}{1,0003} \times 100\%$$

$$= 21,15\%$$

- Duplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{19,9878\% - 19,7763\%}{1,0002\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2115}{1,0002} \times 100\%$$

$$= 21,14\%$$

### ➤ Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\ &= \frac{21,15\% + 21,14\%}{2} \\ &= 21,14\% \end{aligned}$$

## 8. Percobaan kedelapan

### ➤ Kadar air

- Simplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{17,2451\% - 17,0340\%}{1,0002\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2111}{1,0002} \times 100\%$$

$$= 21,10\%$$

- Kadar air

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{18,8999\% - 18,6887\%}{1,0002\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2112}{1,0002} \times 100\%$$

$$= 21,11\%$$

- Rata-rata

$$Rata-rata = \frac{simplo + duplo}{2}$$

$$= \frac{21,10\% + 21,11\%}{2}$$

$$= 21,10\%$$

## 9. Percobaan kesembilan

- Kadar air

- Simplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{42,4131\% - 42,2054\%}{1,0000\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2077}{1,0000} \times 100\%$$

$$= 20,77\%$$

- Duplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ air = \frac{19,7687\% - 19,5612\%}{1,0002\ gram} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2075}{1,0002} \times 100\%$$

$$= 20,74\%$$

- Rata-rata

$$Rata-rata = \frac{simplo + duplo}{2}$$

$$= \frac{20,77\% + 20,74\%}{2}$$

$$= 20,75\%$$

## 10. Percobaan kesepuluh

### ➤ Kadar air

- Simplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} Kadar\ air &= \frac{42,3595\% - 42,1504\%}{1,0001\ gram} \times 100\% \\ &= \frac{0,2091}{1,0001} \times 100\% \\ &= 20,90\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$Kadar\ air = \frac{Bobot\ sebelum\ pemanasan - bobot\ setelah\ pemanasan}{Bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} Kadar\ air &= \frac{20,8678\% - 20,6591\%}{1,0002\ gram} \times 100\% \\ &= \frac{0,2096}{1,0002} \times 100\% \\ &= 20,95\% \end{aligned}$$

### ➤ Rata-rata

$$\begin{aligned} Rata-rata &= \frac{simplo + duplo}{2} \\ &= \frac{20,90\% + 20,95\%}{2} \\ &= 20,92\% \end{aligned}$$

## Lampiran 4.2 Perhitungan kadar abu

### 1. Percobaan pertama

#### ➤ Kadar abu

- Simplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,0424\ gram}{1,0003\ gram} \times 100\% \\ = 4,2\%$$

- Duplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,0423\ gram}{1,0005\ gram} \times 100\% \\ = 4,2\%$$

#### ➤ Rata-rata

$$Rata-rata = \frac{simplo + duplo}{2} \\ = \frac{4,2\% + 4,2\%}{2} \\ = 4,2\%$$

### 2. Percobaan kedua

#### ➤ Kadar abu

- Simlpo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,0605\ gram}{1,0003\ gram} \times 100\% \\ = 6\%$$

- Duplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,0601\ gram}{1,0003\ gram} \times 100\%$$

$$= 6\%$$

➤ Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\ &= \frac{6\% + 6\%}{2} \\ &= 6\% \end{aligned}$$

3. Percobaan ketiga

➤ Kadar abu

• Simplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu} &= \frac{0,0771 \text{ gram}}{1,0003 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 7,7\% \end{aligned}$$

• Duplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu} &= \frac{0,0772 \text{ gram}}{1,0000 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 7,7\% \end{aligned}$$

➤ Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\ &= \frac{7,7\% + 7,7\%}{2} \\ &= 7,7\% \end{aligned}$$

4. Percobaan keempat

➤ Kadar abu

• Simplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu} &= \frac{0,0985 \text{ gram}}{1,0003 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 9,8\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,0973\ gram}{1,0002\ gram} \times 100\%$$

$$= 9,7\%$$

- Rata-rata

$$Rata-rata = \frac{simplo + duplo}{2}$$

$$= \frac{9,8\% + 9,7\%}{2}$$

$$= 9,7\%$$

## 5. Percobaan kelima

- Kadar abu

- Simplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,1096\ gram}{1,0003\ gram} \times 100\%$$

$$= 10,9\%$$

- Duplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,1094\ gram}{1,0002\ gram} \times 100\%$$

$$= 10,9\%$$

- Rata-rata

$$Rata-rata = \frac{simplo + duplo}{2}$$

$$= \frac{10,9\% + 10,9\%}{2}$$

$$= 10,9\%$$

## 6. Percobaan keenam

- Kadar abu

- Simplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu} &= \frac{0,1198 \text{ gram}}{1,0001 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 11,9\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu} &= \frac{0,1206 \text{ gram}}{1,0001 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 12\% \end{aligned}$$

- Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\ &= \frac{11,9\% + 12\%}{2} \\ &= 11,9\% \end{aligned}$$

## 7. Percobaan ketujuh

- Kadar abu

- Simplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu} &= \frac{0,1349 \text{ gram}}{1,0005 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 13,4\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu} &= \frac{0,1343 \text{ gram}}{1,0001 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 13,4\% \end{aligned}$$

- Rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\ &= \frac{13,4\% + 13,4\%}{2} \\ &= 13,4\% \end{aligned}$$

## 8. Percobaan kedelapan

### ➤ Kadar abu

- Simplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,1439\ gram}{1,0002\ gram} \times 100\% \\ = 14,3\%$$

- Duplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,1428\ gram}{1,0003\ gram} \times 100\% \\ = 14,2\%$$

### ➤ Rata-rata

$$Rata-rata = \frac{simplo + duplo}{2} \\ = \frac{14,3\% + 14,2\%}{2} \\ = 14,2\%$$

## 9. Percobaan kesembilan

### ➤ Kadar abu

- Simplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,1656\ gram}{1,0004\ gram} \times 100\% \\ = 16,5\%$$

- Duplo

$$Kadar\ abu = \frac{bobot\ abu}{bobot\ sampel} \times 100\%$$

$$Kadar\ abu = \frac{0,1647\ gram}{1,0002\ gram} \times 100\% \\ = 16,4\%$$

➤ Rata-rata

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\ &= \frac{16,5\% + 16,4\%}{2} \\ &= 16,4\%\end{aligned}$$

10. Percobaan kesepuluh

➤ Kadar abu

• Simplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times$$

100%

$$\begin{aligned}\text{Kadar abu} &= \frac{0,1766 \text{ gram}}{1,0001 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 17,6\%\end{aligned}$$

• Duplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar abu} &= \frac{0,1785 \text{ gram}}{1,0001 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 17,8\%\end{aligned}$$

➤ Rata-rata

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2} \\ &= \frac{17,6\% + 17,8\%}{2} \\ &= 17,7\%\end{aligned}$$

Lampiran 4.3 Data nilai kadar air

NO	Bobot Cawan Kosong (gram)		Berat Sampel (gram)		Bobot Sebelum Pemanasan (gram)		Bobot Setelah Pemanasan (gram)		Kadar air(%)	
	Simplo	Duplo	Simplo	Duplo	Simplo	Duplo	Simplo	Duplo	Simplo	Duplo
1	22,3329	24,0914	1,0002	1,0005	23,3331	25,0919	23,1271	24,8851	20,59%	20,66%
2	22,7607	16,8957	1,0001	1,0001	23,7608	17,8958	23,5530	17,6891	20,77%	20,66%
3	22,3100	18,8987	1,0002	1,0003	23,3105	19,8990	23,1022	19,6900	20,82%	20,89%
4	25,2113	23,9648	1,0002	1,0005	26,2113	24,9653	26,0031	24,7580	20,81%	20,71%
5	21,2703	22,4353	1,0002	1,0000	22,2705	23,4353	22,0620	23,2273	20,81%	20,8%
6	19,8898	20,8368	1,0003	1,0002	20,8901	21,8370	20,6783	21,6250	21,17%	21,19%
7	17,6846	18,9876	1,0003	1,0002	17,1079	18,6848	18,4732	19,7763	21,15%	21,14%
8	16,2449	17,8997	1,0002	1,0002	15,5419	17,2457	17,0340	18,6887	21,10%	20,11%
9	41,4131	18,7685	1,0000	1,0002	42,4131	19,7687	42,2054	19,5612	20,77%	20,74%
10	41,3595	19,8676	1,0001	1,0002	42,3595	20,8678	42,1504	20,6591	20,90%	20,95%

Lampiran 4.4 Data nilai kadar abu

NO	Bobot Cawan Kosong (gram)		Berat Sampel (gram)		Bobot Sebelum Pemanasan (gram)		Bobot Setelah Pemanasan (gram)		Kadar abu (%)	
	Simplo	Duplo	Simplo	Duplo	Simplo	Duplo	Simplo	Duplo	Simplo	Duplo
1	25,7654	30,6506	1,0003	1,0005	26,7657	31,6515	25,8078	30,6929	4,2%	4,2%
2	27,6899	28,5417	1,0003	1,0003	28,6902	29,5420	27,7504	28,6018	6%	6%
3	29,9612	24,7280	1,0003	1,0000	30,9615	25,7280	30,0383	24,8052	7,7%	7,7%
4	27,7009	29,3733	1,0003	1,0002	28,7012	30,3735	27,7994	29,4706	9,8%	9,7%
5	28,9528	27,5744	1,0003	1,0002	29,9531	28,5746	29,0624	27,6838	10,9%	10,9%
6	14,6006	15,4319	1,0001	1,0001	15,6007	16,4320	14,7204	15,5525	11,9%	12%
7	16,1074	15,5568	1,0005	1,0001	17,1079	16,5569	16,2423	15,6911	13,4%	13,4%
8	14,5417	18,2935	1,0002	1,0003	15,5419	19,2983	14,6856	18,4363	14,3%	14,2%
9	16,4458	17,3013	1,0004	1,0002	17,4462	18,3015	16,6114	17,4660	16,5%	16,4%
10	16,5325	16,0124	1,0001	1,0001	17,5326	17,0125	16,7091	16,1909	17,6%	17,8%