

**PENGARUH JENIS PEREKAT TERHADAP NILAI KALOR BRIKET
ARANG TEMPURUNG KAWISTA (*Limonia acidissima*)
TERAKTIVASI NaOH**

SKRIPSI

Oleh:
RAUDATUL JANNAH
NIM. 11630034



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH JENIS PEREKAT TERHADAP NILAI KALOR BRIKET
ARANG TEMPURUNG KAWISTA (*Limonia acidissima*)
TERAKTIVASI NaOH**

SKRIPSI

Oleh:
RAUDATUL JANNAH
NIM. 11630034

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH JENIS PEREKAT TERHADAP NILAI KALOR BRIKET
ARANG TEMPURUNG KAWISTA (*Limonia acidissima*)
TERAKTIVASI NaOH**

SKRIPSI

Oleh:
RAUDATUL JANNAH
NIM. 11630034

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 5 Juli 2018

Pembimbing I

Eny Yulianti, M.Si
NIP.19760611 200501 2 006

Pembimbing II

Umayyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia



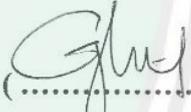
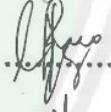
Elok Kamilah Mayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**PENGARUH JENIS PEREKAT TERHADAP NILAI KALOR BRIKET
ARANG TEMPURUNG KAWISTA (*Limonia acidissima*)
TERAKTIVASI NaOH**

SKRIPSI

Oleh :
RAUDATUL JANNAH
NIM. 11630034

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 5 Juli 2018

Penguji Utama	: A. Ghanaim Fasya, M.Si NIP. 19820616 200604 1 002	()
Ketua Penguji	: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si NIDT. 19831226 20180201 2 249	()
Sekretaris Penguji	: Eny Yulianti, M.Si NIP. 19760611 200501 2 006	()
Anggota Penguji	: Umayatus Syarifah, M.A NIP. 19820925 200901 2 005	()



Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia


Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Raudatul Jannah

NIM : 11630034

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Jenis Perekat Terhadap Nilai Kalor Briket
Arang Tempurung Buah Kawista (*Limonia acidissima*)
Teraktivasi NaOH

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 5 Juli 2018
Yang membuat pernyataan,



Raudatul Jannah
NIM.11630034

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur *Alhamdulillah* penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan Anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi serta skripsi yang berjudul **“PENGARUH JENIS PEREKAT TERHADAP NILAI KALOR BRIKET ARANG TEMPURUNG KAWISTA (*Limonia acidissima*) TERAKTIVASI NaOH”** ini dengan baik. Skripsi disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana S-1 di Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulisan skripsi ini tidak luput dari bimbingan, nasihat, petunjuk, serta bantuan dari semua pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis haturkan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazaakumullah ahsanal jaza'* kepada:

1. Bapak (Abd. Kholiq) dan Ibu (Zuhriyah) yang dengan penuh kasih sayang dan keikhlasan telah memberikan nasihat, doa, dan dukungan moril maupun materil dalam menuntut ilmu serta senantiasa mendoakan penulis.
2. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Hj. Eny Yulianti, M.Si selaku dosen Pembimbing I yang selalu meluangkan waktu untuk membimbing penulis demi terselesainya skripsi ini.

6. Umairatus Syarifah, M.A selaku dosen Pembimbing II (Agama) yang telah ikhlas membimbing agama dalam kepentingan skripsi ini.
7. Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si selaku Konsultan yang telah memberikan banyak pengarahan dalam penelitian dan penulisan naskah skripsi ini.
8. A. Ghanaim Fasya, M.Si selaku Penguji Utama yang banyak memberikan nasihat dan pengarahan dalam memaksimalkan penulisan skripsi ini.
9. Hj. Akyunul Jannah, S.Si, M.P selaku dosen Wali Akademik yang telah mendukung penuh yang penulis lakukan dan selalu memberikan motivasi beserta ilmu.
10. Segenap dosen pengajar dan laboran serta staf administrasi di Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu serta banyak membantu atas terselesainya skripsi ini oleh penulis selama menempuh pendidikan di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
11. Seluruh staf dosen pengajar PKPBA UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengajar dan memberikan ilmu bahasa arab dengan maksimal.
12. Seluruh Ustadz dan Ustadzah Ma'had al 'Aly UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang ikhlas memberikan nasihat bekal hidup di dunia dan akhirat.
13. Keluarga besar ARKIMA 2011 dan semua teman-teman kimia angkatan 2011 yang telah memberikan motivasi, semangat, dan berbagi ilmu.
14. Keluarga besar PP. Raudhotul Jannah yang diasuh oleh Ustadzah Hj. Eny Yulianti beserta teman-teman pesantren yang selalu menyemangati penulis dan memberi dukungan penuh demi terselesainya skripsi ini.
15. Teman-teman seangkatan kimia khususnya Lilis, Hakim, Sulaiman, dan Rita yang di akhir penutup semester ini selalu bersama saling menyemangati.

Penulis menyadari dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan penulis agar menjadi lebih baik lagi. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi hazanah pengembangan keilmuan, terutama dalam bidang kimia. *Amin Ya Rabbal 'Alamin.*

Malang, 5 Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
المُلخَصُ	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kawista	8
2.2 Arang Aktif	11
2.3 Aktivasi	12
2.3.1 Pengaktifan Secara Kimia	12
2.3.2 Pengaktifan Secara Fisika	13
2.4 Karbonisasi	13
2.5 Briket Arang	14
2.6 Perekat (<i>Binder</i>)	16
2.6.1 Tepung Beras	17
2.6.2 Tepung Ketan	18
2.6.3 Tepung Tapioka (Kanji)	19
2.7 Pati	19
2.8 Kalorimeter Bom	20
2.9 Karakteristik Briket	21
2.9.1 Kadar Air	21
2.9.2 Kadar Zat Menguap	22
2.9.3 Kadar Abu	22
2.9.4 Kadar Karbon Terikat	22
2.9.5 Nilai Kalor	23
2.10 Spektrofotometer FT-IR	23
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.2 Alat	24
3.3 Bahan	24

3.4 Rancangan Penelitian	25
3.5 Persiapan Sampel	25
3.5.1 Bahan Baku Tempurung Kawista	25
3.5.2 Perekat (tepung beras, tepung ketan, tepung tapioka)	26
3.5.3 Aktivasi Tempurung Kawista	26
3.6 Pembuatan Briket Arang Tempurung Kawista	26
3.7 Pengukuran Nilai Kalor Terbaik pada Briket	27
3.8 Karakterisasi Briket Arang Sesuai Standar SNI	29
3.8.1 Kadar Air	29
3.8.2 Kadar Zat Menguap	29
3.8.3 Kadar Abu	30
3.8.4 Kadar Karbon Terikat	30
3.9 Uji Gugus Fungsi dengan Spektrofotometer FTIR	30
3.10 Analisis Data	31
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Aktivasi Tempurung Kawista dalam Larutan NaOH 0,1 N	33
4.2 Karbonisasi Tempurung Kawista Teraktivasi NaOH	34
4.3 Pembuatan Briket Arang Tempurung Kawista	35
4.4 Uji Nilai Kalor Terbaik Briket Arang Tempurung Kawista	36
4.5 Pengaruh Jenis Perekat dan Aktivasi Kimia NaOH 0,1 N Terhadap Nilai Kalor Briket	38
4.5.1 Faktor Jenis Perekat Gel Tepung	39
4.5.2 Faktor Aktivasi Kimia	41
4.6 Uji Karakteristik Briket Arang Sesuai Standar SNI	42
4.6.1 Kadar Air	42
4.6.2 Kadar Zat Menguap	44
4.6.3 Kadar Abu	45
4.6.4 Kadar Karbon Terikat	47
4.7 Analisis Gugus Fungsi Kulit, Arang, dan Briket Arang dengan menggunakan Spektrofotometer FTIR	49
4.8 Briket Arang Sebagai Energi Terbarukan dalam Perspektif Islam	54
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pohon Buah Kawista	8
Gambar 2.2	Buah dan Kulit Kawista Masak	9
Gambar 2.3	Struktur Kimia (a) Amilosa (b) Amilopektin	20
Gambar 2.4	Kalorimeter Bom	21
Gambar 4.1	(a)Tempurung kawista (b) Arang Tempurung Kawista tanpa Aktivasi (c) Arang Tempurung Kawista Teraktivasi NaOH 0,1 N.....	32
Gambar 4.2	(a) Briket Tanpa Aktivasi (b) Briket Teraktivasi NaOH 0,1 N	35
Gambar 4.3	Grafik Nilai Kalor	38
Gambar 4.4	Grafik Kadar Air	43
Gambar 4.5	Grafik Kadar Zat Menguap	44
Gambar 4.6	Grafik Kadar Abu	46
Gambar 4.7	Grafik Kadar Karbon C Terikat	47
Gambar 4.8	Spektra FTIR Sampel Kulit, Arang Kulit, dan Arang Kulit Teraktivasi	49
Gambar 4.9	Spektra FTIR Arang Kulit (murni tanpa aktivasi) dan Briket Arangnya.....	51
Gambar 4.10	Spektra FTIR Arang Kulit Teraktivasi NaOH 0,1 N dan Briket Arangnya	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Karbon Tempurung Kawista Teraktivasi H ₂ SO ₄	10
Tabel 2.2 Standar Kualitas Briket Arang Indonesia	15
Tabel 2.3 Komposisi Gizi Beras Giling dalam 100 g Bahan	18
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Ketan Putih dalam 100 g Bahan	19
Tabel 2.5 Kandungan Nutrisi Tepung Tapioka dalam 100 g Bahan	19
Tabel 4.1 Komposisi Amilosa dan Amilopektin 3 Jenis Tepung	40
Tabel 4.2 Gugus Fungsi Kulit, Arang Kulit, dan Arang Kulit Teraktivasi	50
Tabel 4.3 Gugus Fungsi Arang Kulit dan Briket Arangnya	52
Tabel 4.4 Gugus Fungsi Arang Kulit Teraktivasi dan Briket Arangnya	54



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1 Penentuan Nilai Kalor Briket	28
Persamaan 3.2 Nilai Kesetaraan Energi Asam Benzoat	28
Persamaan 3.3 Kadar Air	29
Persamaan 3.4 Kadar Zat Menguap	29
Persamaan 3.5 Kadar Abu.....	30
Persamaan 3.6 Kadar Karbon Terikat	30
Persamaan 4.1 Reaksi Penguraian Selulosa	34
Persamaan 4.2 Reaksi Penguraian Lignin	34



DAFTAR LAMPIRAN

<i>Lampiran 1.</i> Skema Penelitian	66
<i>Lampiran 2.</i> Diagram Alir	67
<i>Lampiran 3.</i> Perhitungan	72
<i>Lampiran 4.</i> Tabel Data Hasil Uji Mutu SNI	75
<i>Lampiran 5.</i> Tabel Bahan Resistivitas Tinggi	77
<i>Lampiran 6.</i> Spektra Hasil Uji FTIR	78
<i>Lampiran 7.</i> Dokumentasi.....	81



ABSTRAK

Jannah, R. 2018. **Pengaruh Jenis Perekat Terhadap Nilai Kalor Briket Arang Tempurung Kawista (*Limonia acidissima*) Teraktivasi NaOH**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si; Pembimbing II: Umairatus Syarifah, M.A; Konsultan: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si.

Kata Kunci: aktivasi NaOH, briket arang, *Limonia acidissima*

Penelitian tentang pengaruh jenis perekat terhadap nilai kalor pada briket arang tempurung kawista (*Limonia acidissima*) yang diaktivasi dengan larutan basa NaOH 0,1 N telah dilakukan. Pemanfaatan limbah tempurung kawista sebagai energi alternatif berupa briket arang.

Tahapan penelitian mencakup beberapa metode antara lain: aktivasi kimia, karbonisasi, pembuatan briket arang dengan variasi penambahan tiga jenis perekat gel tepung yaitu masing-masing tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka, selanjutnya dilakukan karakterisasi meliputi identifikasi gugus fungsi semua jenis sampel menggunakan spektrofotometer FTIR, uji nilai kalor terbaik, dan uji mutu SNI pada briket arang.

Hasil uji nilai kalor tertinggi sebesar 6905 kal/g pada sampel briket arang tempurung kawista teraktivasi NaOH 0,1 N dengan jenis perekat gel tepung beras. Penentuan mutu briket arang terbaik sesuai standar SNI yaitu diperoleh nilai kadar air 3,733 %, kadar zat menguap 8,014 %, kadar abu 2,373 %, dan kadar C terikat 85,88 %. Hasil identifikasi gugus fungsi pada semua sampel, mulai kulit kawista, arang, hingga menjadi briket arang menunjukkan perbedaan spektra yaitu munculnya gugus fungsi NH_2 pada bilangan gelombang daerah sidik jari 763-761 cm^{-1} yang terdapat pada briket arang perekat tepung ketan. Secara garis besar keseluruhan gugus fungsi yang teridentifikasi hampir sama yaitu meliputi gugus O-H pada 3500-3400 cm^{-1} , gugus C=C pada 1650-1600 cm^{-1} , gugus C-H pada 1384-1383 cm^{-1} , dan gugus C-OH pada daerah 1047-1034 cm^{-1} . Perbedaan spektra kulit kawista dengan sampel lainnya yaitu pada bilangan gelombang 1737 cm^{-1} terdapatnya gugus C=O dari senyawa ester.

ABSTRACT

Jannah, R. 2018. **The Influence of Binder Type on The Calorific Value in Charcoal Briquettes of Wood Apple Shell (*Limonia acidissima*) Activated NaOH**. Thesis. Chemistry Department Faculty of Science and Technology Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.
1st Supervisor: Eny Yulianty, M.Sc; 2nd Supervisor: Umayatus Syarifah, M.A; Consultant: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Sc.

Key Word: Activated NaOH, Charcoal Briquettes, *Limonia acidissima*

The study about influence of binder type on the calorific value in charcoal briquettes from wood apple shell (*Limonia acidissima*) with activated by a base NaOH has been performed. Utilization of waste from wood apple shell can be as alternative energy that is charcoal briquettes.

Stages of this research consists of some methods there are chemical activation, carbonization, and making charcoal briquettes. Production of charcoal briquettes with addition gel binder that's use on three variations of flour gel binder types there are rice flour, sticky rice flour, and tapioca flour. The next stages are characterization comprise identification of functional groups at wood apple shell, charcoal, and charcoal briquettes make use spectrophotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR), and test the best calorific value, and quality test of Indonesia National Standard (SNI) on charcoal briquettes.

The result of highest calorific value is 6905 cal/g at the charcoal briquettes of wood apple shell activated NaOH 0,1 N with the rice flour gel binder type. The determination of quality test on the best sample type charcoal briquettes according to Indonesia National Standard (SNI) that is obtained value of moisture content 3,733%, volatile matter content 8,014 %, ash content 2,373 %, and carbon (C bound) content 85,88 %. The result for identification of functional groups in wood apple shell, charcoal, up to charcoal briquettes show the spectral differences that is NH_2 at fingerprint wave number $763\text{-}761\text{ cm}^{-1}$ be found in charcoal briquettes with sticky rice flour binder. Generally the overall of functional groups has identified almost same group there are O-H on $3500\text{-}3400\text{ cm}^{-1}$, C=C on $1650\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$, C-H on $1384\text{-}1383\text{ cm}^{-1}$, and C-O-C on $1047\text{-}1034\text{ cm}^{-1}$. The spectral differences between wood apple shell and other sample on 1737 cm^{-1} wave number that is C=O group from ester compound.

المُلَخَّصُ

جَنَّة، روضة. ٢٠١٨. تأثير جنس الغلاف لوحدة الحرارة في فحم القوالب من قحف الكاوستا (*Limonia acidissima*) نشط بهيدروكسيد الصوديوم. البُحْثُ. قسم علم الكيمائية كلية العلوم و التكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المُشْرِفَةُ الأُولَى: أُنِي يُولِيَانْتِي المَاجِسْتِيرَةُ. المُشْرِفَةُ الثَّانِيَّة: أُمِيَّة الشَّرِيفَةُ المَاجِسْتِيرَةُ. المُسْتَشِيرَةُ: لِيلِيكُ مَفْتاح الخَيْرَةُ المَاجِسْتِيرَةُ.

الكَلِمَاتُ المِفْتَحِيَّاتُ: تنشيط بهيدروكسيد الصوديوم، فحم القوالب، الكاوستا (*Limonia acidissima*)

قد فُعلَ البَحْثُ عن التَّأثيرِ جنسِ الغلافِ لوحدةِ الحرارةِ في فحمِ القوالبِ من قحفِ الكاوستا الذي نُشِطَ بهيدروكسيدِ الصوديوم. إنْتِفَاحُ النِّفَايَةِ من قحفِ الكاوستا لِإِسْتِخْدَامِ بَدِيلِ الوَقُودِ هو فحمِ القوالبِ. مراحِلُ البَحْثِ تَنْطَوِي على بَعْضِ الطَّرِيقِ بَيْنَهُمُ تَنْشِيطُ الكِيمِيائِيَّةِ، كَرَبْنَةُ الفَحْمِ، صِنَاعَةُ فَحْمِ القوالبِ بَتَزْيِيدِ جنسِ غِلافاً مُخْتَلِفاً بِثَلَاثِ مَنَوَعَا دَقِيقِ الأَرزِ وَ دَقِيقِ الدَّبِقِ وَ دَقِيقِ النِّشَا (تَابِيوكَا)، ثَمَّ مَرِحَلَةُ التَّالِيَةِ فُعلَ وَصفاً يَحْتَوِي على تَحْدِيدِ مَجْمُوعَةِ وَظِيفِيَّةِ في الفَحْمِ بِاسْتِعْمَالِ الطَّيْفِ الضَّوئِيِّ التَّحْوِيلَةِ فُورِيَّةِ الأَحْمَرِ (FTIR)، تَجْرِبَةُ أَطْيَبِ وَحْدَةِ الحَرَارَةِ، وَ تَجْرِبَةُ جُودَةِ فَحْمِ القوالبِ مَنَاسِبَا بِالمَعَايِيرِ الوَطْنِيَّةِ الإِنْدُونِيسِيَّةِ (SNI).

النَّيْجَةُ من التَّجْرِبَةِ وَحْدَةِ الحَرَارَةِ الأَعْلَى هِيَ 6905 (kal/g) في فحمِ القوالبِ من قحفِ الكاوستا الذي نُشِطَ بهيدروكسيدِ الصوديوم وَ بَتَزْيِيدِ دَقِيقِ الأَرزِ غِلافاً. تَقْرِيرُ جُودَةِ مَنَاسِبَا بِالمَعَايِيرِ الوَطْنِيَّةِ الإِنْدُونِيسِيَّةِ (SNI) تَحْصُلُ مَحْتَوَى الرُّطُوبَةِ 3,733% وَ مَحْتَوَى المُنْبَخَّرِ 8,014% وَ مَحْتَوَى الرَّمَادِ 2,373% وَ مَحْتَوَى الكَرْبُونِ C 85,88% وَ قُوَّةَ ضَاغِطَةِ (kg/cm²). النَّيْجَةُ من التَّحْدِيدِ المَجْمُوعَةِ الوَظِيفِيَّةِ على جَمِيعِ العِينَاتِ مَنَ قحفِ الكاوستا، فَحْمِ القوالبِ هُنَاكَ يَظْهَرُ الإِخْتِلَافُ الطَّيْفِيَّةِ هِيَ مَجْمُوعَةُ الأَمِينِيَّةِ (NH₂) في رَقْمِ المَوْجَةِ (cm⁻¹) حَوْلَ بَصْمَةِ الأَصَابِعِ 761-763 cm⁻¹ على فحمِ القوالبِ بِدَقِيقِ الدَّبِقِ غِلافاً. جَمِيعَةُ المَجْمُوعَةِ الوَظِيفِيَّةِ عَمُومًا مُحَدَّدٌ مِمَّاثِلًا بَيْنَهُنَّ يَعْني مَجْمُوعَةُ O-H بِرَقْمِ المَوْجَةِ 3400-3500 cm⁻¹، مَجْمُوعَةُ C=C بِرَقْمِ المَوْجَةِ 1600-1650 cm⁻¹، مَجْمُوعَةُ C-H بِرَقْمِ المَوْجَةِ 1383-1384 cm⁻¹، وَ مَجْمُوعَةُ C-O-C بِرَقْمِ المَوْجَةِ 1034-1047 cm⁻¹. الإِخْتِلَافُ الطَّيْفِيَّةِ بَيْنَ قحفِ الكاوستا وَ عِينَاتِ الأُخْرَى هِيَ مَجْمُوعَةُ C=O بِرَقْمِ المَوْجَةِ 1737 cm⁻¹ جَمْعَ إِسْتِر.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak tahun 1995, konsumsi bahan bakar di Indonesia telah melebihi produksi dalam negeri, sehingga dalam kurun waktu 10-15 tahun ke depan cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan akan habis (Hambali dkk, 2007). Selain itu, minyak tanah di Indonesia yang selama ini disubsidi, menjadi beban yang sangat berat bagi pemerintah Indonesia karena nilai subsidinya meningkat pesat menjadi lebih dari 49 triliun rupiah per tahun dengan penggunaan lebih kurang 10 juta kL per tahun (Yusuf, 2010).

Peningkatan konsumsi bahan bakar tersebut berdampak pada naiknya harga minyak bumi di pasar global, menjadikan minyak tanah sebagai konsumsi publik yang paling besar, langka dan mahal di pasaran. Hal ini ditunjukkan dengan seringnya terjadi kelangkaan BBM di beberapa daerah di Indonesia. Kelangkaan BBM yang terjadi menunjukkan adanya keterbatasan pada beberapa sumber daya alam di bumi, namun sebenarnya masih terdapat sumber daya alam lain yang mampu diperbaharui dan belum dimanfaatkan secara maksimal.

Salah satu cara untuk mengantisipasi kelangkaan BBM tersebut yaitu dengan menggunakan bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui, murah, dan mudah didapat oleh masyarakat luas. Salah satu energi alternatif tersebut yang sudah mulai dikembangkan saat ini yaitu dengan penggunaan energi biomassa. Energi biomassa merupakan sumber energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui sehingga berpeluang untuk dimanfaatkan sebagai bahan

bakar alternatif. Bahan pembuatan biomassa dapat diperoleh dari limbah pertanian, salah satunya adalah tempurung buah kawista.

Al Quran dalam hal ini telah menyebutkan terkait pemanfaatan tumbuhan atau limbah pertanian sebagai sumber energi alternatif yaitu pada surat al-Waqiah (56): 71 – 73.

﴿٧٢﴾ أَفْرَاءِ يُتْمِئُ النَّارَ الَّتِي تُوْرُونَ ﴿٧١﴾ ءَأَنْتُمْ أَنْشَأْتُمْ شَجَرَتَهَا أَمْ نَحْنُ الْمُنْشِئُونَ ﴿٧٣﴾ نَحْنُ جَعَلْنَاهَا تَذْكَرَةً وَرَمْتَنَا لِلْمُقْوِينَ ﴿٧٢﴾

Artinya : (71) Maka Terangkanlah kepadaku tentang api yang kamu nyalakan (dengan menggosok-gosokkan kayu). (72) Kamukah yang menjadikan kayu itu atau kamukah yang menjadikannya? (73) Kami jadikan api itu untuk peringatan dan bahan yang berguna bagi musafir di padang pasir (QS. al-Waqiah : 71 – 73)

Dijelaskan pada tafsir *al-Misbah* bahwa Allah SWT telah menegaskan melalui surat al-Waqiah: 71-73 yaitu sumber energi panas (bahan bakar api) pada kata النار berasal dari pohon شجر yang berupa kayu. Penegasan ini kemudian dilanjutkan dengan sebuah pertanyaan, “Kamukah yang menjadikannya yakni api itu atau kayu itu memiliki potensi pembakaran atau Kamukah yang menjadikannya pohon kayu beserta apinya”. Tujuan Allah SWT menciptakan ini disebutkan pada ayat berikutnya yaitu sebagai peringatan تذكرة bahwa api merupakan bentuk siksaan di neraka yang sangat pedih, dan selain peringatan api pada skala kecil juga bermanfaat متاعا bagi para musafir di padang pasir yaitu untuk memasak, alat penerang, dan sebagai penghangat badan (Shihab, 2003).

Penjelasan tafsir tersebut menunjukkan bahwa ada beberapa pohon kayu yang Allah SWT ciptakan dengan memiliki potensi pembakaran, yaitu menurut

kajian adalah yang memiliki kadar C karbon tinggi dan bersifat keras salah satunya kulit/tempurung kawista penggunaan bahan baku briket arang pada penelitian ini. Dijelaskan juga bahwa api sebagai energi bahan bakar panas dapat memberi manfaat pada seorang musafir di padang pasir, hal ini sebagai contoh jika pada kondisi yang sangat langka ditemukan sumber api maka sangat perlu untuk dilakukan pembaharuan sumber energi yaitu energi alternatif biomassa.

Pemanfaatan limbah tempurung buah kawista sebagai bahan pembuatan energi biomassa juga memenuhi kaidah Hukum Pertama Termodinamika yang menyangkut tentang efisiensi energi dengan bunyi: “Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan maupun dibentuk baru, namun hanya pemindahan dari satu benda ke yang lainnya atau perubahan dari satu bentuk ke bentuk lainnya” (Rahayu, 2006).

Kawista (*Limonia acidissima*) ialah buah asli Srilanka dan India serta juga ditemukan di beberapa wilayah di Indonesia (Agustin, 2012) salah satunya di Madura. Populasi kawista di Madura cukup banyak dan dapat dijumpai hampir di setiap daerah, namun pemanfaatan kawista beserta limbahnya belum optimal dan kurang mendapat perhatian dikarenakan kurangnya pengetahuan masyarakat tentang potensi kawista sebagai sumber daya alam yang mampu mencukupi perekonomian. Kandungan gizi kawista pada setiap 100 g daging buah yang dapat dimakan mengandung air, abu, karbohidrat, lemak, dan protein masing-masing yaitu 74 g, 5 g, 7,5 g, 15 g, dan 8 g (Agustin, 2012).

Kulit buah kawista bertekstur keras, berserat dan berbentuk bulat, hampir mirip seperti tempurung kelapa, sehingga dengan tekstur kerasnya ini kulit kawista memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi sebesar 51,62 % (Sartape,

2013) oleh sebab itulah dapat disebut pula sebagai tempurung kawista. Hal inilah yang menjadikan kulit kawista berpotensi digunakan sebagai bahan pembuatan briket arang, sebagaimana dijelaskan oleh Hendra dan Dermawan (2000) bahwa briket arang yang baik diharapkan memiliki kadar karbon yang tinggi.

Pemanfaatan limbah kulit buah kawista salah satunya dapat diolah menjadi bahan bakar padat sebagai bahan bakar alternatif berupa briket. Briket merupakan bahan bakar yang terbuat dari limbah padat organik. Mutu briket yang baik adalah briket yang memenuhi standar mutu agar dapat digunakan sesuai keperluannya. Mutu briket sesuai SNI No. 1/6235/2000 yaitu memiliki kadar air $\leq 8\%$, kadar abu $\leq 8\%$, kandungan karbon $\geq 77\%$, serta nilai kalor sebesar ≥ 5500 kal/g.

Penelitian yang dilakukan oleh Hendra dan Dermawan (2000) menyebutkan bahwa dengan kadar abu 3,56 %, nilai kalor briket mencapai 6198,99-6522,84 kal/g. Kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket sehingga kualitas briket semakin rendah (Sumangat, 2009). Briket yang kualitasnya baik yaitu memiliki kadar karbon tinggi dan kadar abu rendah, karena dengan kadar karbon tinggi maka energi yang dihasilkan juga tinggi (Mariyani, 2004).

Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang (Pari dan Hartoyo, 1983). Suryani (2012) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kondisi optimum karbonisasi briket campuran buah bintaro dan tempurung kelapa menggunakan variasi suhu karbonisasi 350 °C, 400 °C, dan 450 °C selama 60 menit adalah 400 °C dengan hasil nilai kalor terbaik sebesar 6970 kal/g serta kadar air, abu, karbon, zat yang hilang pada pemanasan 950 °C secara berurutan adalah 7,03 ; 2,36 ; 77,12 ; dan 13,47 %. Merujuk pada penelitian tersebut, maka

dalam penelitian ini akan digunakan suhu karbonisasi 400 °C untuk proses pengarangan tempurung kawista sesuai pada penelitian Suryani (2012) yang berbahan baku tempurung kelapa, dengan pertimbangan memiliki banyak kesamaan dengan bahan baku tempurung kawista.

Mutu briket juga dipengaruhi oleh keberadaan perekat dalam briket baik jumlah maupun jenis perekat serta cara pengujian yang digunakan. Pembuatan briket dengan penambahan bahan perekat akan menghasilkan produk yang lebih baik yaitu briket arang menjadi lebih kuat dari tekanan luar serta mampu meningkatkan nilai bakar dari briket arang tersebut (Schuchart, 1996). Wibowo (2009) membandingkan nilai kalor yang dihasilkan briket sekam padi antara perekat tepung kanji, tepung beras, dan tepung beras ketan dan menghasilkan sampel terbaik pada variasi perekat adalah sampel yang memakai perekat amilum tepung beras ketan, karena mempunyai nilai kalor pembakaran sebesar 920,880 kJ (221.011,2 kal/g) pada temperatur pembakaran di atas 80 °C dan waktu terlalu lama yaitu selama 21,5 menit.

Berbeda dengan penelitian Wibowo, Suryani (2012) yang membuat briket dari campuran buah bintaro dan tempurung kelapa dilakukan dengan bervariasi suhu karbonisasi, yaitu menggunakan perekat tepung tapioka (kanji) saja dengan perbandingan antara campuran bubuk arang dan perekat sebesar 9:1. Penelitian ini akan memakai variasi jenis perekat yaitu tepung beras, ketan, dan tapioka dengan komposisi perbandingan campuran arang dan perekat sebesar 9:1. Pemilihan jenis perekat ini didasarkan pada kandungan amilopektin dalam ketiga jenis perekat tersebut, yang bersifat lebih lengket dan memiliki daya ikat yang baik. Potensi ini sangatlah penting, sehingga diharapkan briket yang dihasilkan tidak mudah retak.

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan di samping bahan baku yang digunakan dengan tujuan untuk memperbesar luas permukaan pori arang. Perubahan sifat fisika dan kimia dari arang tersebut yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan melalui proses aktivasi. Penelitian Lubis (2008), menggunakan aktivator larutan NaOH 0,1 N cangkang kelapa sawit pada pembuatan briket arangnya dengan variasi lama perendaman 30 menit, 1 jam dan 2 jam. Briket arang yang dihasilkan memiliki nilai kalor bakar maksimum pada lama perendaman selama 30 menit sebesar 9138,25 kal/g. Sibarani (2010) pada penelitiannya menggunakan larutan yang berbeda yaitu garam NaCl sebagai impregnator pada arang tempurung kelapa untuk pembuatan briket. Variasi konsentrasi larutan yang digunakan yaitu 0,1 – 1,0 % dan diperoleh briket arang terbaik pada konsentrasi pengimpreg NaCl 0,2 % dengan nilai kalor bakar optimum 8083,84 kal/g.

Penelitian ini akan menggunakan aktivator basa NaOH pada pembuatan briket arang tempurung kawista dengan waktu perendaman selama 30 menit yakni merujuk pada penelitian Lubis (2008). Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini akan dibuat briket arang dari tempurung kawista menggunakan variasi jenis perekat yaitu tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka untuk mendapatkan nilai kalor briket yang optimum sesuai dengan standar SNI.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jenis perekat (tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka) terhadap nilai kalor briket arang tempurung kawista ?
2. Bagaimana mutu briket arang tempurung kawista menurut standar SNI dengan perekat terbaik ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menentukan jenis perekat terbaik pada pembuatan briket arang tempurung kawista yang menghasilkan nilai kalor tertinggi.
2. Untuk mengetahui kualitas briket arang tempurung kawista berdasarkan standar SNI yaitu meliputi nilai kalor, kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat.

1.4 Batasan Masalah

1. Tempurung buah kawista yang digunakan diperoleh dari pulau Madura khususnya daerah Pangpajung kecamatan Modung kabupaten Bangkalan serta yang sudah masak dan jatuh dari pohon dengan sendirinya.
2. Aktivasi dilakukan secara kimia, yaitu dengan larutan basa NaOH 0,1 N.
3. Variasi jenis perekat yang digunakan adalah tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka.
4. Uji karakteristik mutu briket tempurung kawista sesuai standar SNI meliputi nilai kalor, kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat.
5. Analisis gugus fungsi pada setiap jenis sampel (kulit, arang, briket arang) yaitu menggunakan spektrofotometer FTIR.

1.5 Manfaat Penelitian

Pemanfaatan limbah tempurung buah kawista yang lebih bernilai ekonomis sebagai bahan dasar pembuatan energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yaitu briket arang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kawista

Kawista (*Limonia acidissima* L. syn *Feronia limonia* Swingle.) merupakan tanaman dengan genus monotipe yaitu dalam satu genus hanya terdapat satu spesies. Klasifikasi lengkap taksonominya dapat dilihat pada daftar berikut ini (Nugroho, 2012):

Klasifikasi Taksonomi Tanaman Kawista

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Sapindales
Famili	: Rutaceae
Genus	: <i>Limonia</i>
Spesies	: <i>Limonia acidissima</i> L.

Di Indonesia tanaman ini tumbuh di daerah pantai pulau Sumatra, Jawa, Madura, Bali, dan Nusa Tenggara Barat (Jones, 1992). Bentuk dari tanaman ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 lengkap beserta tangkai daunnya.



Gambar 2.1 Pohon Buah Kawista

Daerah yang beriklim tropika kering pada ketinggian sampai 450 mdpl lebih cocok ditumbuhi pohon kawista ini dan mampu beradaptasi baik dengan tanah

yang kurang subur (Sukamto, 2000). Kulit buah kawista bertekstur keras dan tebal, daging buahnya berbau khas dan berserat (Gambar 2.2), serta mengandung banyak biji (Jones, 1992).



Gambar 2.2 Buah dan Kulit Kawista Masak

Daging buah yang kering mengandung 15 % asam sitrat dan sejumlah kecil asam-asam K, Ca, dan Fe. Berbagai olahan makanan seperti dodol, sirup, dan selai dari buah ini sebagai bentuk dari potensi unggulannya (Agustin, 2012). Kulit buah kawista yang bertekstur keras, berserat dan berbentuk bulat seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Limbah kulit kawista dapat dimanfaatkan sebagai produk kerajinan tangan (Agustin, 2012). Keunggulan fisik dari buah kawista ini sesuai dengan dalil naqli al-Quran surat ar-Ra'du (13): 4.

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَبَّرَاتٌ ۖ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ ۖ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ ۖ وَصِنَوَانٌ ۖ وَغَيْرُ صِنَوَانٍ يُسْقَىٰ بِمَاءٍ

وَاحِدٍ ۖ وَنُفِضَلُ بَعْضُهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Artinya : “Dan di bumi Ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon korma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. kami melebihkan sebahagian tanam-tanaman itu atas sebahagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir”. (QS. ar-Ra'du : 4)

Ayat tersebut menyebutkan bahwa Allah SWT telah menciptakan semua hal di bumi beserta isinya dengan berdampingan/bepasang-pasang dan seluruhnya tidak ada yang sama meskipun mirip tapi masih terdapat perbedaan. Salah satunya

yaitu pada kalimat *يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَتُفَضَّلُ بَعْضُهَا عَلَى بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ* bahwa meskipun memiliki kesamaan yaitu disiram dengan air yang sama dan lahan tumbuh yang sama namun Allah SWT menjadikan buahnya yang muncul masing-masing memiliki kelebihan tersendiri, Allah SWT lebihkan sebagian buah atas sebagian yang lain dalam bentuk dan ukuran, bau dan rasa, manis dan masamnya (Mustafa, 1994).

Merujuk pada tafsir tersebut bahwa kulit dari buah kawista memiliki kelebihan dari segi bentuknya yang tebal dan keras, dibandingkan buah sejenisnya seperti jeruk dan jambu. Kelebihan lain buah kawista yaitu juga termasuk buah yang bersifat aromatik memiliki bau yang khas dibandingkan dengan buah yang lain. Memiliki bentuk kulit yang keras inilah yang menjadikannya berpotensi digunakan sebagai bahan baku biomassa pembuatan briket arang yang mana salah satu syarat bahan baku mampu digunakan sebagai arang briket yaitu harus mempunyai kadar C karbon yang tinggi.

Karakteristik komposisi karbon dari tempurung kawista yang teraktivasi larutan H_2SO_4 selama 1 jam dengan perbandingan (sampel:larutan) 1:2 (Sartape, 2010), ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Karakteristik Karbon Tempurung Kawista Teraktivasi H_2SO_4

Komposisi	Kadar
Abu	8,12 %
Air	8,85 %
Berat jenis	0,734 g/cm ³
Karbon	65,10 %
Hidrogen	4,60 %
Nitrogen	0,04 %
Belerang	2,35 %

Sumber : Sartape, 2010

2.2 Arang Aktif

Karbon atau arang merupakan bahan padat berwarna kehitaman hasil dari proses karbonisasi. Hal ini diperoleh apabila proses pembakaran/karbonisasi dihentikan secara tiba-tiba pada saat bahan masih membara, sehingga masih terdapat sisa energi yang dapat dimanfaatkan yaitu untuk keperluan memasak, memanggang, dan mengeringkan. Kelebihan dari bahan yang telah menjadi arang yaitu saat dibakar akan mengeluarkan sedikit asap (Kurniawan dan Marsono, 2008). Sebagian besar pori-pori pada karbon masih tertutup dengan hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lainnya (Kinoshita, 1988).

Karbon memiliki beberapa manfaat di antaranya sebagai sumber energi panas berupa briket menggunakan metode pengepresan (Haji, 2007). Menurut Matsuzawa (2007) karbon dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bakar, serta mampu juga dimanfaatkan sebagai pembangun kesuburan tanah (Pari G, 2002). Peningkatan mutu arang bisa dilakukan dengan cara aktivasi menjadi karbon aktif.

Arang aktif adalah karbon C berbentuk amorf bukan C murni dan masih mengandung senyawa hidrokarbon, dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon C atau berasal dari arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan permukaan lebih luas. Besarnya kandungan C dalam arang tergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Karbon aktif memiliki luas permukaan antara 300 – 2000 m²/g, hal ini berhubungan dengan struktur pori internal (Tan, 2007).

Kualitas karbon aktif ditunjukkan pada tiap jenis yang berbeda melalui sifat absorpsi dan sifat katalitiknya, tidak bisa dikarakterisasi dari strukturnya ataupun analisa kimia tertentu. Sifat absorpsi dan sifat katalitik tersebut mampu diukur

menggunakan metode kimia. Mutu karbon aktif juga tergantung pada bahan baku yang dipakai serta proses pembuatannya (Clark, 1999).

Beberapa bahan baku yang dapat digunakan sebagai karbon aktif yaitu bahan organik seperti: tempurung kelapa, sekam padi, dan serbuk kayu gergaji. Bahan lain yang juga berpotensi yaitu berasal dari hewan, tumbuhan, limbah atau mineral yang mengandung karbon. Bahan tersebut antara lain: tulang, kayu bakar (lunak maupun keras), tongkol jagung, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, residu petro kimia, dan batu bara (Sariawan, 2005).

2.3 Aktivasi

Proses aktivasi merupakan perubahan fisik dari karbon di mana luas permukaannya meningkat dengan tajam dikarenakan oleh penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan (Shreve, 1977). Fungsi dari aktivasi yaitu untuk memperbesar pori karbon dengan cara memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul pada permukaan, sehingga karbon mengalami perubahan sifat fisika maupun kimia, dan luas permukaannya bertambah besar (Sembiring, 2003). Terdapat dua metode aktivasi yang umum digunakan untuk pembuatan karbon aktif, yaitu secara kimia dan secara fisika (Lubis, 2008).

2.3.1 Pengaktifan Secara Kimia

Penggunaan aktivator zat kimia untuk perendaman dilakukan bertujuan supaya hidrokarbon yang menutupi pori-pori karbon akan terekstraksi dan residu-residu hidrokarbon ini akan terlepas pada saat pemanasan aktivator sehingga pori-pori yang tadinya tertutup akan menjadi lebih banyak yang terbuka (Lubis, 2008). Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan aktivator kimia seperti garam

jenuh seperti $MgCl_2$, $ZnCl_2$, $CaCl_2$ dan asam atau basa H_3PO_4 , H_2SO_4 , $NaOH$ (Sudrajat, 1994).

2.3.2 Pengaktifan Secara Fisika

Metode ini dilakukan dengan menggunakan gas CO_2 , N_2 , atau yang lain terhadap karbon. Gas pengaktif yang dialirkan tersebut akan mendorong residu-residu hidrokarbon dan senyawa tar keluar/menguap sehingga pori-pori karbon akan lebih banyak yang terbuka. Suhu yang baik untuk pemanasan yaitu tidak melebihi $1000\text{ }^\circ\text{C}$ sehingga tidak menimbulkan abu yang dapat menutupi pori-pori karbon (Supeno M, 1994). Bahan baku terlebih dahulu dibuat karbon/arang, lalu dihaluskan dan diayak untuk selanjutnya diaktivasi dengan cara pemanasan pada temperatur $1000\text{ }^\circ\text{C}$ yang disertai dengan pengaliran uap gas (Sembiring, 2003).

2.4 Karbonisasi

Karbonisasi merupakan metode teknologi untuk memperoleh karbon sebagai produk utama atau biasanya dikenal sebagai proses pembuatan karbon dengan memanaskan biomassa padat seperti kayu, kulit kayu, bambu, sekam padi, pada suhu $400\text{-}600\text{ }^\circ\text{C}$ dalam kondisi hampir tidak ada sama sekali udara atau O_2 . Hasil samping proses tersebut yaitu senyawa tar dan gas-gas yang mudah terbakar (Suzuki, 2007). Prinsip karbonisasi yaitu pembakaran biomassa tanpa adanya O_2 , sehingga kandungan yang terlepas hanya senyawa mudah menguap sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi sangat berpengaruh terhadap karbon yang dihasilkan, sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas karbon (Pari dan Hartoyo, 1983).

2.5 Briket Arang

Briket adalah perubahan bentuk material yang pada awalnya berupa serbuk atau bubuk sekuran pasir menjadi material yang lebih besar dan mudah dalam penanganan atau penggunaannya. Perubahan ukuran material tersebut dilakukan melalui proses penggumpalan (pencetakan) dengan penekanan dan penambahan atau tanpa penambahan bahan pengikat (Suganal, 2008).

Briket arang adalah arang yang diolah lebih lanjut menjadi bentuk briket (penampilan dan kemasan lebih menarik) yang bisa digunakan untuk keperluan sehari-hari. Pembuatan briket arang dapat dilakukan dengan cara bahan baku diarangkan, kemudian dihaluskan, dan dicampur perekat. Proses pencetakan dilakukan dengan sistem hidrolis yang selanjutnya dikeringkan (Pari, 2002).

Beberapa tipe bentuk briket antara lain (Sukandarrumidi, 2006) :

1. Tipe silider (Yontan), biasanya digunakan untuk keperluan rumah tangga, bentuknya silinder dengan diameter 150 mm, tinggi 142 mm, dan mempunyai lubang sebanyak 22 lubang.
2. Tipe telur (egg), biasa digunakan untuk keperluan industri, rumah tangga, dan juga untuk bahan bakar industri kecil seperti pembakaran kapur, batu bata, genteng, dan lain sebagainya. Memiliki ukuran lebar 32 - 39 mm, panjang 46 - 58 mm, dan tebal 20 - 24 mm.

Keuntungan dari bentuk briket ini adalah ukuran dapat disesuaikan dengan kebutuhan, porositas dapat diatur untuk memudahkan pembakaran, dan mudah dipakai sebagai bahan bakar (Sukandarrumidi, 2006). Secara garis besar briket dibedakan menjadi 2 macam yaitu (Surya, 1990) :

1. Briket yang memakai bahan pengikat (binder). Hampir semua atau sebagian besar dari briket mempergunakan cara ini.

2. Briket tanpa memakai bahan pengikat. Cara ini hanya dapat dilakukan terhadap material tertentu saja. Cara ini dapat dilaksanakan dan hal ini dimungkinkan dengan menggunakan tekanan yang sangat besar yaitu mencapai 10 ton.

Beberapa faktor yang mempengaruhi sifat briket arang antara lain berat jenis bahan bakar atau berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi, tekanan pengempaan mesin ketika pembuatan briket, kadar air yang terkandung dalam briket, dan kekuatan tekstur. Sifat briket yang baik antara lain (Pari, 2002) :

1. Tidak berasap dan tidak berbau saat pembakaran.
2. Memiliki kekuatan tertentu sehingga tidak mudah pecah ketika diangkat dan dipindahkan.
3. Mempunyai suhu pembakaran yang tetap 350 °C dalam jangka waktu yang cukup panjang (8-10 jam).
4. Gas hasil pembakaran tidak mengandung gas CO₂ yang tinggi.

Standar kualitas secara baku untuk briket arang Indonesia mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti pada Tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Standar Kualitas Briket Arang Indonesia

Sifat-sifat briket arang	Nilai
Kadar air (%)	7,57
Zat mudah menguap (%)	16,14
Kadar abu (%)	5,51
Kadar karbon terikat (%)	78,35
Nilai kalori (kal/g)	6814,11
Kerapatan (g/cm ³)	0,4407
Keteguhan tekan (kg/cm ³)	0,46

Sumber : Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1994

Kegunaan briket arang yang banyak digunakan oleh masyarakat antara lain untuk membakar daging (di hotel, restoran, atau konsumsi kelompok masyarakat tertentu). Di negara yang memiliki 4 musim, briket arang biasa digunakan sebagai

pemanas ruangan. Industri skala kecil dan menengah yaitu sebagai sumber energi misalnya pada pembuatan plat baja, keramik, kaca, dan pengrajin pandai besi (Balitbang, 1994).

2.6 Perekat (*binder*)

Perekat adalah suatu zat atau bahan yang berkemampuan untuk mengikat dua benda melalui ikatan permukaan. Terdapat beberapa istilah lain dari perekat yang memiliki fungsi tertentu meliputi *glue*, *mucilage*, *paste*, dan *cement*. *Glue* merupakan perekat yang terbuat dari protein, biasanya digunakan dalam industri pengerjaan kayu. *Mucilage* yaitu perekat yang berasal dari getah dan air biasa diperuntukkan untuk perekat kertas. Paste atau perekat pati (*starch*) dibuat melalui pemanasan campuran pati dan air hingga berbentuk pasta. Sedangkan *cement* istilah yang biasa digunakan untuk perekat berbahan dasar karet dan mengeras melalui pelepasan pelarut (Ruhendi, 2007).

Berdasarkan sumber dan komposisi kimianya, perekat diklasifikasikan dalam 3 macam yaitu (Hartomo, 1992) :

1. Perekat yang berasal dari tumbuhan seperti kanji.
2. Perekat yang berasal dari hewan seperti perekat kasein.
3. Perekat sintetik yang terbuat dari bahan sintesis seperti urea dan formaldehid.

Sedangkan jika ditinjau dari jenisnya bahan perekat dibedakan atas 3 jenis yaitu (Grover, 1996) :

1. Pengikat anorganik.
2. Bahan pengikat dari tumbuh-tumbuhan.
3. Pengikat hidrokarbon dengan berat molekul yang besar.

Pemakaian bahan perekat mengakibatkan tekanan akan lebih kecil apabila dibandingkan dengan briket tanpa bahan perekat. Hal ini menunjukkan bahwa dengan pemakaian bahan perekat maka ikatan antar partikel menjadi semakin kuat dan butiran arang akan saling mengikat yang menyebabkan air terikat dalam pori-pori arang (Josep dan Hislop, 1981). Menurut Schuchart (1996), pembuatan briket arang yang ditambahkan dengan perekat akan lebih tahan oleh tekanan dari luar atau tidak mudah pecah.

Secara mekanis perekat cair pada biasanya lebih mudah digunakan sebab penyebarannya pada permukaan sampel yang halus dan rata akan maksimal. Mekanisme pengikatan antara bahan perekat dan partikel arang yang dilakukan pada tekanan tinggi mampu meningkatkan gaya adhesi antar muka padatan-cair dan gaya kohesi antara padatan (Grover, 1996). Perekat yang baik yaitu memiliki daya rekat yang kuat, biasanya bahan yang mengandung protein dan pati khususnya amilopektin yang cukup tinggi seperti terigu, tapioka, maizena, sagu (Haryanto, 1992).

2.6.1 Tepung Beras

Tepung beras yaitu tepung yang berasal dari biji beras kering yang digiling / dihaluskan. Beras sendiri merupakan biji dari tanaman padi (Muchtadi, 1992). Beras pecah kulit mengandung 85-95 % pati, 2-2,5 % pentosan, dan 0,6-1,4 % gula, dengan tingginya kandungan pati maka akan menentukan sifat fisikokimiawi dari beras. Di Indonesia beras dipakai sebagai sumber kalori sebanyak 60-80 % (Haryadi, 2006).

Perbandingan komposisi pati amilosa dan amilopektin dalam beras sangat menentukan jenis, sifat, warna, dan tekstur dari nasi yang dihasilkan. Beras

beramilosa melebihi 20 % menyebabkan butiran nasinya terpecah-pecah (tidak lengket) dan keras (Allidawati dan Bambang, 1989). Sedangkan yang amilosanya rendah jika dimasak akan menghasilkan nasi yang lengket, mengkilap, tidak mengembang, dan tetap menggumpal setelah dingin. Beras beramilosa sedang biasanya bertekstur nasi pulen (Damardjati, 1995).

Tabel 2.3 Komposisi Gizi Beras Giling dalam 100 g Bahan

Komposisi Gizi	Jumlah
Energi (kal)	360
Protein (g)	6,8
Lemak (g)	0,7
Karbohidrat (g)	78,9
Kalsium (mg)	6
Fosfor (mg)	140
Besi (mg)	0,80
Vitamin B1 (mg)	0,12
Air (g)	13

Sumber : Direktorat Gizi, Depkes RI, 1992

Penduduk daerah tropis seperti Indonesia, Pakistan dan sebagian Filipina menyukai beras berkadar amilosa sedang yaitu 20-25 %, sedangkan penduduk Srilanka, Vietnam Selatan, Malaysia Barat, dan Burma menyukai beras berkadar amilosa tinggi sebesar > 25 % (Damardjati dan Purwani, 1991). Sehingga dapat diketahui bahwa beras Indonesia termasuk dalam golongan beramilosa sedang.

2.6.2 Tepung Ketan

Ketan (*Oryza sativa* L var. *glutinosa*) yang mengandung amilopektin sangat tinggi yaitu 99,7 % merupakan salah satu dari beberapa varietas beras yang bersifat tidak mengembang dalam air dingin (Kadan, 1997). Penyusun utama ketan (*sticky rice*) yaitu pati. Pati ketan memiliki kadar amilosa >1 % sehingga jika ditanak sangat lekat. Tepung ketan merupakan hasil biji ketan kering yang sudah dihaluskan pada ukuran mesh tertentu (Winarno, 2004).

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Ketan Putih dalam 100 g Bahan

Komponen	Jumlah
Kalori (kal)	362,00
Protein (g)	6,70
Lemak (g)	0,70
Karbohidrat (g)	79,40
Kalsium (mg)	12,00
Besi (mg)	0,80
Vitamin B1 (mg)	0,16
Air (g)	12,00

Sumber : Direktorat Gizi, 1981

2.6.3 Tepung Tapioka (Kanji)

Kanji termasuk salah satu sumber karbohidrat yang penting. Memiliki kadar amilosa 17 % dan amilopektin 83 %. Sumber karbohidrat lain yang mengandung amilum dan amilopektin antara lain gandum, kentang, sagu, jagung dan beras. Masing-masing memiliki rasio amilosa dan amilopektin yang berbeda, biasanya mendekati perbandingan 1 : 3 (Hartomo, 1992). Kanji adalah perekat tapioka yang dibuat dari tepung tapioka dicampur dengan air dalam jumlah tertentu, kemudian dipanaskan sampai berbentuk jeli lengket (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, 1994).

Tabel 2.5 Kandungan Nutrisi Tepung Tapioka dalam 100 g Bahan

Zat Gizi	Kadar
Energi	362 kkal
Protein	0,5 g
Lemak	0,3 g
Karbohidrat	86,9 g
Kalsium	0 mg
Fosfor	0 mg
Air	12 g

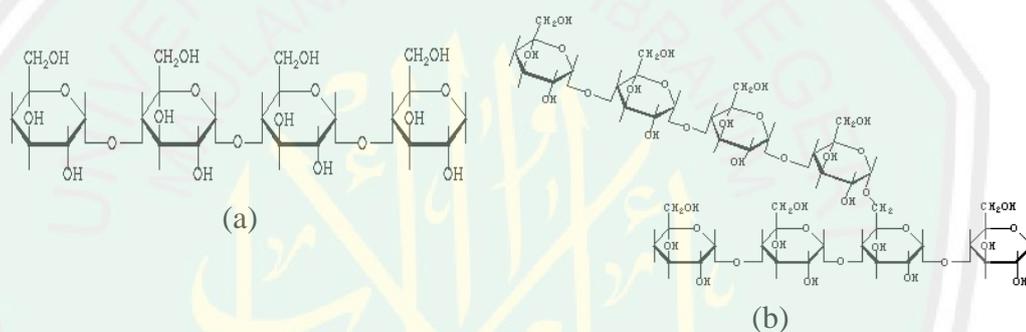
Sumber : Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY, 2012

2.7 Pati

Pati adalah polisakarida alami dengan berat molekul tinggi yang terdiri dari unit-unit glukosa. Umumnya pati mengandung dua jenis polimer glukosa, yaitu

amilosa dan amilopektin. Amilosa yaitu polimer rantai lurus mengandung lebih dari 6000 unit glukosa dan dihubungkan dengan ikatan α -1,4 glikosidik seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 (Horton, 2002). Amilosa bersifat tidak larut dalam air dingin tetapi menyerap sejumlah besar air dan mengembang.

Amilopektin memiliki struktur bercabang dimana molekul-molekul glukosa dihubungkan dengan ikatan α -1,6 glikosidik seperti pada Gambar 2.3 (Imeson, 1999). Bersifat memiliki daya ikat yang baik, dan bisa memperlambat disolusi zat aktif (Schwartz and Zelinski, 1978).



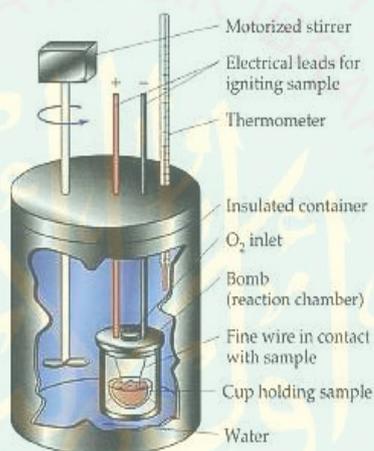
Gambar 2.3 Struktur Kimia (a) Amilosa (b) Amilopektin

Sifat pati tergantung dari panjang rantai C-nya serta lurus atau bercabang rantai molekulnya, terdiri dari 2 fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa mempunyai struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa sedangkan amilopektin memiliki cabang dengan ikatan (1,6) α -D Glukosa (Winarno, 1992).

2.8 Kalorimeter Bom

Kalorimeter bom yaitu alat yang digunakan untuk mengukur sifat termal berupa jumlah kalor atau nilai kalori yang dibebaskan pada saat pembakaran sempurna (dalam O_2 berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, bahan bakar,

dan khusus digunakan untuk menentukan kalor dari reaksi-reaksi pembakaran kimia (Tazi, 2011). Alat ini terdiri dari wadah yang kokoh seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut untuk menempatkan cuplikan dan oksigen berlebih di dalamnya, lalu campuran itu dinyalakan dengan listrik yang dialirkan melewati sambungan kawat pijar Nikelin. Kalor pembakaran pada volume tetap selanjutnya dapat dihitung dan peningkatan suhu yang terjadi dapat dibaca. Kawat pijar Nikelin dengan komposisi unsur 54 % Cu, 26 % Ni, 20 % Zn (Depdiknas, 2003) yang dibutuhkan sepanjang 10 cm untuk membakar 1 g sampel.



Gambar 2.4 Kalorimeter Bomb

2.9 Karakteristik Briket

2.9.1 Kadar Air

Kadar air berhubungan langsung dengan nilai kalor dan densitas. Kadar air yang tinggi mampu menurunkan nilai kalor dan meningkatkan densitas. Hal ini karena kalor yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air dalam suatu sampel atau bahan bakar (Saputro, 2008). Sumangat dan Broto (2009) menyatakan bahwa kadar air briket diharapkan serendah mungkin agar nilai kalornya tinggi dan mudah dinyalakan. Sebaliknya kadar air yang tinggi

mengakibatkan nilai kalor yang dihasilkan rendah, karena energi yang dihasilkan banyak terserap pada saat penguapan air.

2.9.2 Kadar Zat Menguap

Kadar senyawa yang mudah menguap atau zat menguap (*volatile matter*) merupakan salah satu karakteristik yang terkandung dari suatu biobriket. Komponen pertama adalah uap air yang muncul sebentar setelah suhu mencapai 100 °C, komponen lainnya antara lain H₂, CO₂, CO, dan CH₄. Semakin banyak kandungan zat menguap pada biobriket, maka akan semakin mudah biobriket untuk terbakar dan menyala, sehingga laju pembakaran semakin cepat (Nugraha, 2013).

2.9.3 Kadar Abu

Abu atau disebut dengan bahan mineral anorganik yang terkandung dalam bahan bakar padat merupakan bahan yang tidak dapat terbakar saat proses pembakaran. Abu adalah bahan yang tersisa apabila bahan bakar padat (kayu) dipanaskan hingga berat konstan (Nugraha, 2013).

Abu merupakan bagian sisa proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon lagi. Unsur utama abu adalah silika yang mempengaruhi pada nilai kalor suatu bahan. Semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah kualitas briket karena kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket (Sumangat dan Broto, 2009).

2.9.4 Kadar Karbon Terikat

Kandungan karbon terikat yaitu komponen yang bila terbakar tidak membentuk gas yaitu karbon tetap atau juga disebut sebagai kandungan karbon tetap yang terdapat pada bahan bakar padat berupa arang (Nugraha, 2013).

2.9.5 Nilai Kalor

Nilai kalor atau *Gross energy* merupakan jumlah energi yang dilepaskan saat proses pembakaran pada tiap volume atau massa sampel yang diuji. Nilai kalor dari bahan bakar menentukan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Nilai kalor suatu bahan/sampel ditentukan melalui hasil pengukuran menggunakan kalorimeter yang dilakukan dengan membakar bahan tersebut dengan adanya udara pada suhu normal (Tazi, 2011).

2.10 Spektrofotometer *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

Atom-atom di dalam suatu molekul tidak diam melainkan bervibrasi (bergetar). Ikatan kimia yang menghubungkan dua atom dapat dimisalkan sebagai dua bola yang dihubungkan oleh suatu pegas. Bila radiasi IR dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul-molekulnya dapat menyerap energi dan terjadilah transisi di antara tingkat vibrasi dasar (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*) (Jonnta, 2002).

Sibarani (2010) pada penelitiannya telah melakukan analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometer FTIR terhadap serbuk arang tempurung kelapa untuk mengetahui perbedaan antara sebelum dan sesudah diimpregnasi dengan NaCl. Serbuk arang tersebut (sebelum dan sesudah diimpregnasi) selanjutnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket arang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh impregnasi NaCl terhadap nilai kalor briket arang yang dihasilkan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan briket arang dan uji karakteristik mutu briket dilakukan di Laboratorium Riset Kimia Fisik Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengukuran nilai kalor briket dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang (UM). Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2015 sampai Februari 2018.

3.2 Alat

Alat yang digunakan untuk aktivasi kimia dan pembuatan briket arang tempurung kawista teraktivasi NaOH antara lain peralatan gelas, ayakan 100 mesh, cetakan silinder (d: 13 mm), *hot plate*, mortar alu, neraca analitik, oven listrik, pengepres hidrolik (Carver), pH universal dan spatula. *Bomb Calorimeter* (Parr), *stopwatch*, dan termometer digunakan untuk pengukuran nilai kalor. Karbonisasi dan kakterisasi mutu briket menggunakan cawan porselen, cawan *crucible*, loyang, aluminium foil, penjepit kayu, spektrofotometer FTIR (Varian), dan tanur listrik (Thermo Scientific).

3.3 Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan briket arang tempurung kawista (*Limonia acidissima*) yaitu tempurung buah kawista. Perikat gel yaitu menggunakan tepung beras, tepung ketan, tepung tapioka (merek sama yaitu Rose Brand). Bahan pendukung lainnya antara lain aquades, asam benzoat, indikator metil merah, larutan standar Na_2CO_3 0,0725 N dan larutan NaOH 0,1 N.

3.4 Rancangan Penelitian

Pertama disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Kemudian dibuat larutan yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan aktivasi tempurung kawista menggunakan larutan NaOH 0,1 N. Selanjutnya dilakukan proses karbonisasi untuk sampel masing-masing yang telah diaktivasi dan tanpa diaktivasi menggunakan tanur listrik. Sampel arang yang didapatkan kemudian dibuat menjadi briket dengan menggunakan variasi 3 jenis perekat (tepung beras, tepung ketan, tepung tapioka) pada masing-masing arang teraktivasi dan arang tanpa aktivasi. Masing-masing briket arang kemudian diuji nilai kalor bakarnya menggunakan Kalorimeter Bom untuk mendapatkan nilai kalor bakar terbaik pada arang teraktivasi NaOH dan arang tanpa aktivasi.

Briket arang dengan nilai kalor terbaik selanjutnya dikarakterisasi mutu briket sesuai SNI yang meliputi uji kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat. Terakhir dilakukan analisis data secara deskriptif hubungan antara parameter mutu briket arang sesuai standar SNI, pengaruh variasi jenis perekat pada masing-masing briket arang teraktivasi dan briket arang tanpa aktivasi dengan pengaruhnya terhadap nilai kalor yang dihasilkan.

3.5 Persiapan Sampel

3.5.1 Bahan Baku Tempurung Kawista

Tempurung kawista yang digunakan adalah tempurung dari buah kawista yang sudah masak dari pohonnya. Hal ini disebabkan rendahnya kadar air pada tempurung buah kawista masak yang ditandai dengan lebih ringannya massa buah kawista masak daripada yang muda. Sebelum digunakan untuk pengarangan, tempurung dibersihkan dari kotoran lalu dikeringkan dalam oven pada 105 °C

selama 60 menit hingga diperoleh berat konstan. Selanjutnya tempurung buah kawista dipotong kecil-kecil (dihancurkan) dan siap untuk diaktivasi kimia menggunakan NaOH 0,1 N.

3.5.2 Perekat (Tepung Beras, Tepung Ketan, dan Tepung Tapioka)

Perekat yang digunakan adalah dari tiga jenis tepung antara lain yaitu, tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka. Mulanya masing-masing tepung ditimbang pada perbandingan campuran bubuk arang dan perekat sebesar 9:1 lalu dilarutkan ke dalam air hangat secukupnya dan diaduk. Selanjutnya larutan tepung tersebut dipanaskan di atas hot plate, sambil diaduk dan ditambah aquades hingga pati dari tepung tersebut akan berbentuk gel dan lengket (Lubis, 2008).

3.5.3 Aktivasi Tempurung Kawista

Tempurung kawista (potongan kecil-kecil) yang sudah kering dan bersih seberat 50 g direndam ke dalam aktivator NaOH 0,1 N 100 mL selama 30 menit (Lubis, 2008) dan ditiriskan sampai larutan tidak menetes (± 24 jam), lalu dioven pada suhu 105 °C selama 60 menit hingga diperoleh berat konstan. Selanjutnya sampel tempurung kawista yang telah kering dikarbonisasi pada suhu 400 °C selama 60 menit (Suryani, 2012). Selanjutnya arang yang dihasilkan dicuci menggunakan aquades sampai bersifat netral (sesuai pH aquades) dan ditiriskan. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam.

3.6 Pembuatan Briket Arang Tempurung Kawista

Sampel arang kering yang didapatkan lalu ditumbuk halus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh (Lubis, 2008). Kemudian dicampur dengan masing-masing perekat gel tepung (beras, ketan, tapioka) yang sudah siap, sampai benar-benar merata dengan perbandingan campuran bubuk arang dan perekat

sebesar 9:1 (berat total 1 g) dan dicetak pada cetakan silinder ($d = 13 \text{ mm}$) serta dipress menggunakan pengepres hidrolis dengan tekanan 0,5 ton selama 5 menit (Lubis, 2008). Selanjutnya dioven kembali pada suhu $105 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 5 jam (Lubis, 2008) agar diperoleh briket arang kering.

Semua perlakuan tersebut diulangi untuk pembuatan briket arang tempurung kawista tanpa teraktivasi NaOH 0,1 N. Selanjutnya diukur nilai kalor terbaik briket arang yang dihasilkan pada masing-masing variasi jenis perekat yang terbaik, dengan dan tanpa perlakuan aktivasi kimia NaOH 0,1 N menggunakan Kalorimeter Bom.

3.7 Pengukuran Nilai Kalor Terbaik pada Briket

Pengukuran nilai kalor briket menggunakan seperangkat alat kalorimeter bom dilakukan melalui dua tahap, yaitu tahap pertama penentuan kapasitas kalor kalorimeter bom dan tahap kedua penentuan kalor pembakaran sampel briket.

Penentuan kapasitas kalor kalorimeter bom dilakukan dengan menggunakan sampel asam benzoat sebanyak 1 g sebagai zat acuan standar. Tablet asam benzoat dimasukkan ke dalam mangkuk sampel dalam bom, dipasang kawat pemanas pada kedua elektrode (panjang kawat 10 cm), serta dipastikan kawat tepat menyentuh permukaan sampel. Bom ditutup rapat, kemudian diisi bom secara perlahan-lahan dengan gas oksigen sampai tekanan pada manometer menunjukkan 20 atmosfer. Ember kalorimeter diisi dengan air sebanyak 2 L. Suhu di dalam ember diatur $\pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ di bawah suhu kamar. Selanjutnya ember berisi air dimasukkan ke dalam kalorimeter, lalu diletakkan bom ke dalam ember dan dipasang termometer. Dibiarkan kalorimeter selama 4-5 menit sementara pengatur otomatis mengatur suhu mantel supaya seimbang dengan suhu air di dalam ember. Dibaca suhu air di

dalam ember (T_1). Djalankan arus listrik untuk membakar cuplikan. Tombol untuk ini hendaknya jangan ditekan lebih dari 5 detik. Suhu ember akan naik dalam 20 detik setelah dimulainya pembakaran. Dicatat suhu air tiap menit hingga dicapai harga maksimum yang konstan selama paling tidak 2 menit. Dicatat suhu akhir ini (T_2). Dibuka kalorimeter, dikeluarkan bom dari dalam ember. Selama membuka bom dikeluarkan terlebih dahulu gas-gas hasil reaksi melalui lubang di atas bom dengan memutar drei. Dicuci bagian dalam bom dengan menggunakan botol semprot dan ditampung hasil cucian dalam labu erlenmeyer. Dititrasi larutan ini dengan Na_2CO_3 0,0725 N dengan indikator metil merah. Titik akhir titrasi ditandai dengan munculnya warna coklat bening kekuningan (Adawiyah, 2010).

Perhitungan untuk menentukan nilai kalor briket yaitu dengan menggunakan persamaan 3.1 berikut (Nurhilal, 2017):

$$Q = \frac{\Delta T \cdot W - e_1 - e_2}{m} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan W adalah kesetaraan energi (2426 kal/°C) asam benzoat, m adalah massa sampel briket (gram), e_1 adalah koreksi panas titrasi asam nitrat, e_2 adalah koreksi panas kawat pembakar dan ΔT adalah kenaikan temperatur koreksi. Nilai kesetaraan energi W dihitung dengan persamaan 3.2 berikut (Nurhilal, 2017):

$$W = \frac{H \cdot m + e_1 + e_2}{\Delta T} \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan H adalah panas pembakaran standar asam benzoat (6318 kal/g), m adalah massa asam benzoat (1,1651 g), e_1 adalah koreksi panas pembentukan asam nitrat (1 kal/mL), e_2 adalah koreksi panas kawat pembakar (2,3 kal/cm) dan ΔT adalah kenaikan suhu selama pembakaran asam benzoat yaitu sebesar 3,047 °C (Nurhilal, 2017).

3.8 Karakterisasi Briket Arang Sesuai Standar SNI

Uji karakteristik briket arang tempurung kawista pada produk yang memiliki nilai kalor optimum dari semua variasi jenis perekat dengan dan tanpa aktivasi, yaitu meliputi semua parameter yang diamati antara lain kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan kuat tekan.

Briket arang tempurung kawista selanjutnya diuji mutu briketnya sesuai standar SNI. Penentuan karakteristik briket ini antara lain sebagai berikut :

3.8.1 Kadar Air (ASTM D 5142-02)

Sampel ditimbang sebanyak 1 g ke dalam cawan penguap, lalu dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan pada desikator dan ditimbang hingga beratnya konstan. Kadar air (%) dihitung dengan persamaan 3.3 .

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.3)$$

A : Berat sampel awal tanpa cawan penguap (g)

B : Berat sampel setelah dikeringkan pada suhu 105 °C (g)

3.8.2 Kadar Zat Menguap (Sibarani, 2010)

Cawan *crucible* dipanaskan pada suhu 90 °C selama 1 jam, didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang hingga berat konstan. Selanjutnya diisi dengan sampel sebanyak 1 g. Dipanaskan dalam oven pada suhu 80-85 °C selama 1 jam, didinginkan pada desikator dan ditimbang hingga berat konstan. Kadar zat menguap dihitung dengan persamaan 3.4 .

$$\text{Kadar zat menguap (\%)} = \frac{A - C}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.4)$$

A : Berat sampel awal tanpa *crucible* (g)

C : Berat sampel setelah dipanaskan pada suhu 80-85 °C (g)

3.8.3 Kadar Abu (Indian Standard: 15 1350-1 [1984])

Cawan *crucible* ditimbang tanpa tutupnya, kemudian diisi dengan sampel sebanyak 1 g. Dimasukkan dalam tanur dan dipanaskan pada suhu 500 °C selama 30 menit, dan dilanjutkan suhu 825 °C selama 30 menit. Dipindahkan *crucible* dari tanur, didinginkan dalam desikator dan ditimbang segera. Kadar abu dihitung dengan persamaan 3.5 .

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{D - E}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.5)$$

A : Berat sampel mula-mula tanpa *crucible* (g)

D : Berat cawan dan abu (g)

E : Berat cawan kosong (g)

3.8.4 Kadar Karbon Terikat (ASTM D 5142-02)

Karbon terikat adalah fraksi karbon (C) dalam briket, selain fraksi air, zat menguap, dan abu. Kadar karbon terikat dihitung menggunakan persamaan 3.6 .

$$\text{Kadar karbon terikat (\%)} = 100 - (M + V + A) \% \dots\dots\dots(3.6)$$

M (*moisture*) : Kadar air (%)

V (*volatile matter*) : Kadar zat menguap (%)

A (*ash*) : Kadar abu (%)

3.9 Uji Gugus Fungsi dengan Spektrofotometer FTIR

Dilakukan uji gugus fungsi pada sampel kulit kawista, arang kulit, dan briket arang dengan menggunakan spektrofotometer FTIR. Uji ini digunakan untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi pada masing-masing sampel yang berbeda. Sebanyak 10 mg sampel digerus dengan 20 mg KBr dalam keadaan bebas air dan dibuat lempeng KBr. Lempeng/pelet KBr yang terbentuk kemudian diukur serapannya dengan spektrofotometer FTIR.

3.10 Analisis Data

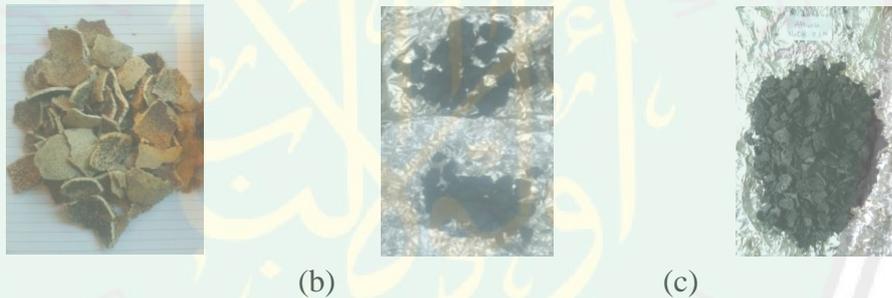
Data yang diperoleh pada penelitian ini akan dianalisis secara deskriptif pengaruh variasi jenis perekat (tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka) terhadap data nilai kalor yang diperoleh. Selain itu dianalisis juga pengaruh perlakuan aktivasi kimia NaOH 0,1 N terhadap nilai kalor briket arang tempurung kawista. Perbandingan antara sampel kulit kawista, arang kulit, dan briket arang dianalisis perbedaannya menggunakan spektrofotometer FTIR.

Karakterisasi mutu briket arang sesuai standar SNI (kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat) dianalisis hubungannya dengan nilai kalor terbaik yang dihasilkan.



BAB IV PEMBAHASAN

Penelitian pembuatan briket arang tempurung kawista (*Limonia acidissima*) dilakukan dengan mengaktivasi sampel tempurung kawista menggunakan NaOH 0,1 N selama 30 menit. Tempurung kawista kering selanjutnya dikarbonisasi pada suhu 400 °C selama 60 menit hingga diperoleh sampel berupa arang tempurung kawista teraktivasi. Briket arang tempurung kawista ini dibuat dengan metode penggumpalan dengan penambahan bahan pengikat (perekat) dan penekanan. Variasi jenis perekat pada pembuatan briket arang yaitu dengan menggunakan 3 jenis perekat antara lain tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka.



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.1 (a) Tempurung Kawista (b) Arang Tempurung Kawista Tanpa Aktivasi (c) Arang Tempurung Kawista Teraktivasi NaOH 0,1 N

Hal ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh jenis perekat terhadap nilai kalor yang dihasilkan oleh briket arang, mengingat bahwa sifat fisik terpenting dari suatu briket adalah nilai kalor bakar dan kadar karbon terikatnya. Briket dengan variasi jenis perekat yang diperoleh selanjutnya diukur nilai kalor bakarnya masing-masing menggunakan Kalorimeter Bom. Sampel briket dengan nilai kalor optimum dikarakterisasi mutu sesuai standar SNI briket yaitu meliputi nilai kalor, kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, kadar karbon terikat dan kuat

tekan. Analisis metode spektrofotometer FTIR digunakan untuk identifikasi gugus fungsi pada setiap sampel mulai dari kulit kawista, arang kulit, hingga menjadi briket arang serta untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada hasil tiap-tiap bentuk sampel.

4.1 Aktivasi Tempurung Kawista dalam Larutan NaOH 0,1 N

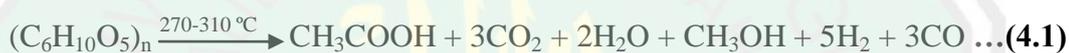
Aktivasi tempurung kawista (*Limonia acidissima*) secara kimia dilakukan dengan cara perendaman ke dalam larutan aktivator alkali yang digunakan yaitu NaOH 0,1 N. Fungsi aktivasi kimia ini untuk membuka pori-pori permukaan karbon pada sampel yang masih tertutup oleh senyawa hidrokarbon, sehingga diharapkan ikatan hidrokarbon mampu terputus dan molekul-molekul permukaan pada karbon akan teroksidasi. Selain itu pori-pori atau luas permukaan dari sampel diharapkan juga menjadi lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi dapat merubah sifat fisika karbon.

Pada penelitian ini digunakan aktivator senyawa alkali NaOH 0,1 N yang merupakan basa kuat bersifat mampu melarutkan senyawa terluar pada kulit kawista salah satunya yaitu Lignin pada dinding sel kulit (polimer dari koniferil alkohol yang memiliki gugus hidroksi bebas, merupakan penyusun struktur tumbuhan sebagai penambah kekuatan dan stabilitas dinding sel). Hal ini ditandai dengan warna larutan dari hasil rendaman kulit kawista dalam NaOH yaitu berwarna kuning sampai coklat kehitaman. Setelah proses aktivasi perendaman selesai, warna kulit kawista sedikit berubah lebih terang (bukan putih) namun masih kecoklatan sebab pada dasarnya kulit kawista berwarna coklat muda seperti kayu. Selanjutnya sampel ditiriskan dari larutan aktivator dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C hingga diperoleh sampel kering (berat konstan).

4.2 Karbonisasi Tempurung Kawista Teraktivasi NaOH

Tempurung kawista teraktivasi NaOH 0,1 N yang sudah kering selanjutnya dikarbonisasi menggunakan tanur listrik pada suhu 400 °C selama 60 menit untuk memperoleh sampel berupa arang teraktivasi. Karbonisasi juga dilakukan pada tempurung kawista tanpa perlakuan aktivasi kimia. Prinsip dari proses karbonisasi ini yaitu pembakaran biomassa untuk mendapatkan sampel berupa arang karbon dengan metode pembakaran tanpa adanya gas oksigen (O₂) atau disebut juga proses pengarangan. Tahapan reaksi pembakaran yang terjadi pada proses karbonisasi menurut Maryono (2013) secara umum sebagai berikut :

1. Reaksi penguraian selulosa



2. Reaksi penguraian lignin



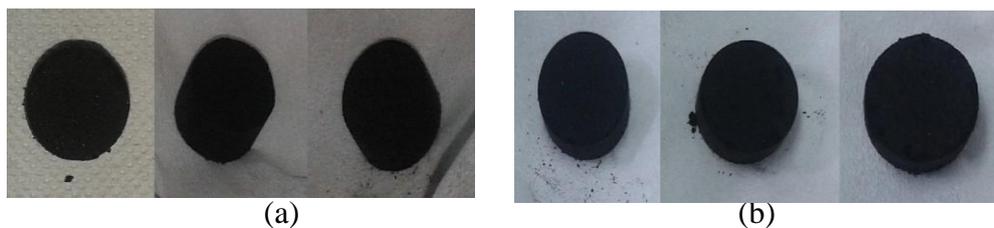
Merujuk pada tahapan reaksi pembakaran dalam proses karbonisasi menurut Maryono (2013), maka penelitian ini hanya mencakup 2 tahap reaksi yaitu reaksi penguraian selulosa dan penguraian lignin sebab suhu karbonisasi yang digunakan hanya sampai 400 °C selama 60 menit menggunakan tanur listrik. Maka dari itu hasil karbonisasi yang diperoleh yaitu berupa arang karbon dari tempurung kawista. Sebelum melalui proses reaksi penguraian selulosa dan lignin, pada suhu 100 – 150 °C terlebih dahulu terjadi tahap penguapan air dan senyawa-senyawa yang bersifat *vollatile* saja yang akan terlepas melalui penguapan ini.

Arang yang dihasilkan (hanya tempurung yang diaktivasi NaOH saja) selanjutnya dicuci menggunakan aquades hingga bersifat netral sesuai pH aquades dan ditiriskan. Proses pencucian ini berfungsi menghilangkan sisa senyawa

aktivator NaOH 0,1 N yang bersifat basa pada arang sehingga nantinya serbuk arang yang dihasilkan tetap kering dan tidak lembap disebabkan sifat basa yang higroskopis (menyerap air dari uap udara). Pori-pori permukaan yang terbentuk pada arang akan bagus dengan cara menjaga sampel serbuk arang tetap kering, maka pori-pori tersebut tetap terbuka dan tidak tertutup oleh uap air. Sampel arang (potongan kecil) dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam hingga diperoleh berat konstan. Proses pencucian arang ini tidak dilakukan pada sampel tempurung tanpa aktivasi kimia, selanjutnya arang dihaluskan dan diayak pada ukuran 100 mesh yang berfungsi untuk menseragamkan ukuran partikel.

4.3 Pembuatan Briket Arang Tempurung Kawista

Briket arang tempurung kawista dibuat dengan menggunakan serbuk arang berukuran 100 mesh, di mana syarat suatu sampel dapat dijadikan briket (bahan bakar) yaitu harus mengandung karbon C atau memiliki nilai kalor bakar tertentu. Serbuk arang kemudian dicampurkan dengan perekat gel masing-masing dari 3 jenis variasi tepung yaitu tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka. Perbandingan arang dan perekat yang digunakan yaitu 9:1 dengan jumlah total campuran 1 g. Briket ini dibuat dengan skala ukuran kecil sebab masih dalam tahap penelitian. Selain itu massa maksimal sampel untuk pengujian nilai kalor dengan Kalorimeter Bom yaitu sebesar 1 g.



Gambar 4.2 (a) Briket Tanpa Aktivasi (b) Briket Teraktivasi NaOH 0,1 N

Pembuatan briket arang tempurung kawista dibagi menjadi 2 macam yaitu briket arang teraktivasi NaOH 0,1 N dan briket arang tanpa aktivasi kimia. Pada masing-masing akan digunakan variasi 3 jenis perekat gel untuk mengetahui pengaruh jenis perekat terhadap nilai kalor bakar briket arang yang dihasilkan. Fungsi zat perekat yaitu bertujuan untuk merekatkan partikel-partikel arang pada saat proses pembuatan briket, sehingga dihasilkan briket yang mudah dibentuk sesuai kebutuhan dan tidak mudah pecah (kompak). Bahan perekat sebagai pembentuk ikatan permukaan antar partikel akan menyebabkan air terikat dalam pori-pori arang.

4.4 Uji Nilai Kalor Terbaik Briket Arang Tempurung Kawista

Pengukuran/uji nilai kalor dilakukan terhadap semua sampel briket arang dengan variasi jenis perekat, yang teraktivasi NaOH 0,1 N maupun tidak. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kalor terbaik pada keadaan optimum. Alat yang digunakan pada pengujian ini yaitu kalorimeter bom jenis *Adiabatic Bomb Calorimeter* (Parr). Prinsip kerjanya yaitu jumlah panas yang diukur dalam kalorimeter adalah total energi dari bahan atau sampel, apabila suatu bahan atau sampel tersebut dioksidasikan dengan sempurna di dalam suatu *bomb calorimeter*. Penetapan energi total ini melibatkan terjadinya perubahan energi kimia dalam suatu bahan atau sampel menjadi energi panas dan diukur jumlah panas yang dihasilkan.

Pada jenis *Adiabatic Bomb Calorimeter* alat tidak perlu dilakukan koreksi radiasi panas dan hanya memerlukan pemeriksaan suhu awal dan suhu akhir kalorimeter dan suhu *jacket* (bagian terluar kalorimeter bom) yang terpaut sama terhadap suhu bagian dalam *vessel* (perangkat kalorimeter) selama penetapan.

Penggunaan kawat pijar Nikelin (komposisi unsur 54 % Cu, 26 % Ni, 20 % Zn) sepanjang 10 cm untuk membakar sampel disebabkan Nikelin memiliki kelebihan tidak menempel pada besi magnet sebab komposisi campuran unsurnya tidak terdapat unsur Fe. Kelebihan lain dari kawat Nikelin yaitu memiliki koefisien suhu yang relatif tinggi yaitu $23 \times 10^5 / ^\circ\text{C}$ dibandingkan dengan beberapa bahan yang lain yaitu antara $5-20 \times 10^5 / ^\circ\text{C}$ (Depdiknas, 2003).

Bahan kimia standar yang perlu digunakan pada pengukuran menggunakan kalorimeter jenis ini antara lain yaitu asam benzoat, larutan alkali standar natrium karbonat (Na_2CO_3) 0,0725 N, dan indikator metil jingga atau metil merah. Penggunaan asam benzoat sebagai standar konstanta kalorimeter mempunyai nilai kalori 6,32 kkal/g (6318 kal/g) bersifat tidak higroskopis, mudah terbakar dengan sempurna, dan tersedia dalam bentuk pellet untuk mempermudah penanganan. Titrasi menggunakan larutan alkali standar Na_2CO_3 0,0725 N terhadap air cucian dalam bom dilakukan untuk menempatkan koreksi asam, dimana 1 mL larutan alkali standar ini ekuivalen dengan 1 kkal. Indikator metil merah sebanyak 3 tetes ditambahkan pada air cucian dalam bom sebelum proses titrasi dilakukan, untuk mengetahui titik akhir titrasi pada saat mengamati perubahan warna larutan.

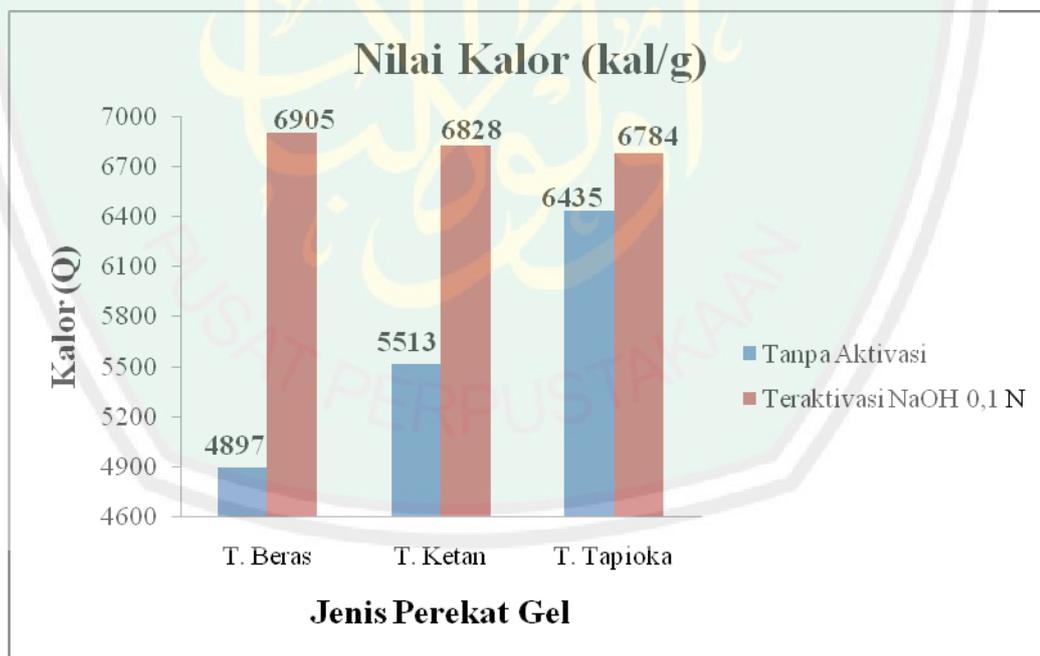
Koreksi asam yang dimaksud adalah terbentuknya asam HNO_3 dan H_2SO_4 pada saat proses pembakaran. Umumnya suatu bahan atau sampel yang dibakar mengandung N dan S. Hasil spektra FTIR analisa semua sampel pada penelitian ini menunjukkan adanya unsur N yang terdapat pada briket perekat gel tepung ketan (dalam sub bab 4.7 berikutnya).

Kandungan logam Cu pada kawat Nikelin sebesar 54 % memungkinkan terjadinya reaksi dengan gas N_2O_3 dan $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ pada saat proses pembakaran sampel

di dalam alat kalorimeter bom. Hal ini disebabkan unsur logam Cu tersebut bisa berkedudukan sebagai kation dengan adanya anion Tiosulfat ($S_2O_3^{2-}$). Hal yang sama juga berlaku pada kandungan logam Ni 26 % dan Zn 20 % sebagai unsur logam kation penyusun kawat Nikelin, namun tidak sekuat pengaruh logam Cu yang komposisinya lebih dari 50 %.

4.5 Pengaruh Jenis Perekat dan Aktivasi Kimia NaOH 0,1 N Terhadap Nilai Kalor Briket

Kualitas briket arang sangat ditentukan oleh nilai kalor bakarnya. Semakin tinggi nilai kalor bakar briket arang, semakin baik pula kualitas briket yang dihasilkan. Nilai kalor masing-masing sampel dari setiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 4.3 grafik nilai kalor di bawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Nilai Kalor

Nilai kalor terendah yaitu 4897 kal/g terdapat pada perlakuan briket arang tanpa aktivasi campuran jenis perekat gel tepung beras, dan nilai kalor tertinggi

yaitu 6905 kal/g terdapat pada briket arang teraktivasi NaOH 0,1 N campuran jenis perekat gel tepung beras. Perbedaan nilai kalor briket arang tersebut menunjukkan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi di antaranya pada penelitian ini yaitu faktor jenis perekat dan aktivasi kimia. Hal ini terlihat pada perlakuan yang sama (briket teraktivasi maupun tanpa aktivasi) dengan jenis perekat yang berbeda masing-masing memiliki nilai kalor yang berbeda sesuai data grafik Gambar 4.3 tersebut. Begitu juga sebaliknya pada perlakuan dengan jenis perekat gel yang sama memiliki nilai kalor berbeda untuk perlakuan briket teraktivasi dan tanpa aktivasi. Menurut mutu standar SNI bahwa briket arang yang baik memiliki nilai kalor sebesar 6814,11 kal/g (Tabel 2.3), sehingga dengan perolehan nilai kalor terbesar 6905 kal/g pada penelitian ini maka pembuatan briket arang dari bahan tempurung kawista sudah memenuhi mutu standar SNI.

4.5.1 Faktor Jenis Perekat Gel Tepung

Data hasil nilai kalor menunjukkan bahwa pada perlakuan yang sama untuk briket teraktivasi NaOH dan tanpa aktivasi masing-masing memiliki nilai kalor berbeda pada jenis perekat yang berbeda. Briket arang tanpa aktivasi dihasilkan nilai kalor tertinggi pada jenis perekat gel tepung tapioka (kanji) yaitu sebesar 6435 kal/g, sedangkan untuk briket arang teraktivasi kimia NaOH 0,1 N nilai kalor tertinggi didapatkan pada sampel jenis perekat gel tepung beras yaitu sebesar 6905 kal/g. Hasil uji nilai kalor ini menunjukkan adanya perbedaan untuk nilai kalor tertinggi masing-masing perlakuan, dimana untuk briket tanpa aktivasi nilai kalor tertinggi terdapat pada jenis perekat tepung tapioka (kanji), sedangkan untuk briket teraktivasi NaOH perolehan nilai kalor tertinggi terdapat pada jenis perekat tepung beras. Perbedaan tersebut disebabkan adanya pengaruh dari

perbedaan kandungan jenis pati senyawa amilosa dan amilopektin yang terdapat pada masing-masing jenis tepung.

Briket arang tanpa aktivasi diperoleh nilai kalor tertinggi pada sampel briket jenis perekat gel tepung tapioka, dikarenakan kandungan amilosa dan amilopektin dalam tepung tapioka tergolong ideal yaitu dalam komposisi kadar yang pas tidak terlalu tinggi ataupun tidak terlalu rendah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 perbandingan komposisi amilosa dan amilopektin pada ketiga jenis tepung yang digunakan pada penelitian ini. Diketahui bahwa tepung ketan memiliki kandungan amilopektin relatif besar > 90 %, dengan sifat daya ikat yang terlalu kuat dari amilopektin maka akan menyebabkan berkurangnya gas O₂ yang masuk dalam briket sehingga nilai kalor akan menurun. Pengaruh faktor sifat senyawa pati juga berlaku pada briket dengan jenis perekat tepung beras yang berkadar amilosa 25 % lebih besar dari amilosa dalam tepung tapioka yaitu 20 %. Sifat dari amilosa yang mampu menyerap sejumlah besar kandungan air serta mengembang akan menyebabkan naiknya atau tingginya kadar air dari sampel briket sehingga akan menurunkan nilai kalor briket tersebut.

Tabel 4.1 Komposisi Amilosa dan Amilopektin 3 Jenis Tepung

Jenis Tepung	Amilosa	Amilopektin	Sumber
Tepung Beras	25 %	75 %	Damardjati dan Purwani (1991)
Tepung Ketan	2 %	98 %	Koswara (2006)
Tepung Tapioka	20%	80 %	Gaman dan Sherrington (1994)

Briket arang teraktivasi kimia NaOH 0,1 N diperoleh nilai kalor tertinggi pada sampel briket jenis perekat gel tepung beras. Pada perlakuan ini terdapat 2 faktor yang mempengaruhi yaitu selain jenis perekat adalah perlakuan aktivasi kimia oleh NaOH. Berbeda dari perlakuan sebelumnya yang tidak dipengaruhi

oleh ukuran pori-pori arang disebabkan aktivasi kimia terhadap sampel tempurung kawista sebelum dikarbonisasi. Arang yang digunakan untuk membuat briket pada perlakuan ini sudah teraktivasi sehingga pori-pori pada permukaan arang akan lebih banyak yang terbuka. Pori-pori inilah yang nantinya akan mensuplai gas O_2 masuk secara signifikan sehingga menyebabkan nilai kalor naik. Pengaruh pori-pori inilah yang menjadikan nilai kalor tertinggi yang diperoleh pada jenis perekat tepung beras (briket arang teraktivasi NaOH 0,1 N), berbeda dengan sebelumnya yang diperoleh pada perekat tepung tapioka.

Briket arang yang teraktivasi NaOH 0,1 N tersebut selain nilai kalornya dipengaruhi oleh perbandingan kadar amilosa dan amilopektin, juga terdapat pengaruh perbedaan intensitas gugus C=C pada spektra hasil uji FTIR pada Gambar 4. yang menyebabkan briket arang teraktivasi pada perekat tepung beras memiliki nilai kalor tertinggi sebesar 6905 kal/g. Ditunjukkan dalam gambar tersebut bahwa intensitas C=C tertinggi dari ketiga jenis perekat yaitu terdapat pada briket arang teraktivasi dengan perekat gel tepung beras. Hal inilah yang menyebabkan nilai kalor briket arang teraktivasi NaOH memiliki nilai kalor tertinggi pada jenis perekat tepung beras, yang berbeda dengan briket arang tanpa aktivasi dengan nilai kalor tertinggi pada jenis perekat tepung tapioka.

4.5.2 Faktor Aktivasi Kimia

Telah diketahui dari grafik hasil nilai kalor briket bahwa pada penggunaan perekat gel tepung dengan jenis yang sama mengalami kenaikan nilai kalor untuk briket tanpa perlakuan aktivasi terhadap briket arang teraktivasi NaOH 0,1 N. Hal ini terlihat pada garis grafik nilai kalor yang berwarna biru (tanpa aktivasi) pada Gambar 4.4 letaknya di bawah garis grafik berwarna merah (teraktivasi NaOH 0,1

N), yang berarti menunjukkan adanya pengaruh aktivasi kimia terhadap kenaikan nilai kalor pada briket arang. Penjelasan sebelumnya telah dibahas sedikit tentang pori-pori permukaan pada arang yang dihasilkan dari proses aktivasi kimia dapat mempengaruhi nilai kalor briket arang. Memperluas pori-pori permukaan arang melalui aktivasi kimia ini akan mampu menaikkan nilai kalor dari briket arang. Pori-pori permukaan pada arang inilah yang nantinya menjadi ruang untuk gas O_2 sebagai komponen utama suatu proses pembakaran sempurna dapat berlangsung.

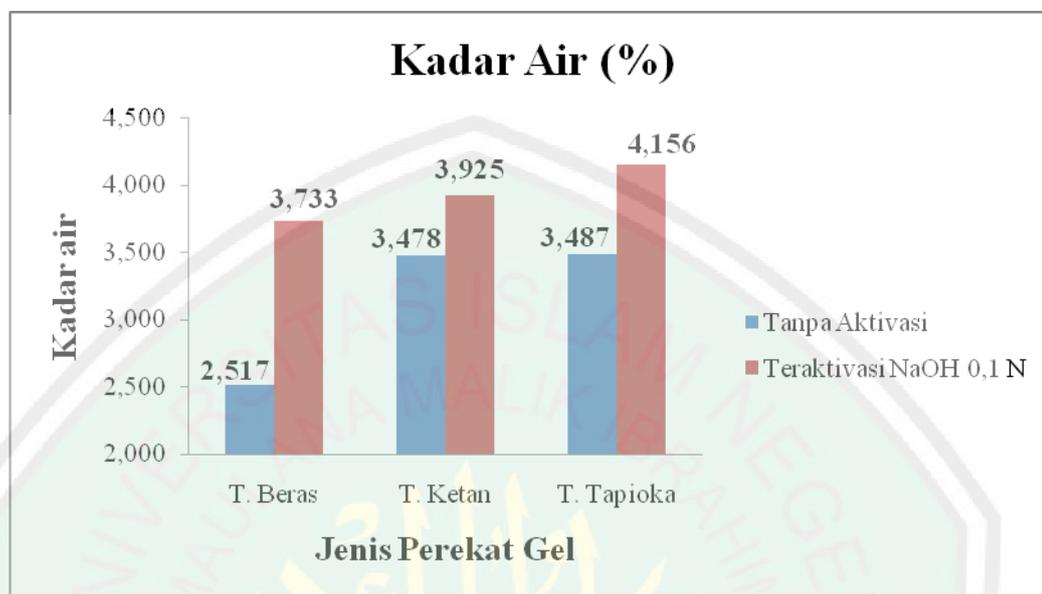
4.6 Uji Karakteristik Briket Arang Sesuai Standar SNI

Karakterisasi briket arang tempurung kawista dilakukan pada produk yang memiliki nilai kalor terbaik dan optimum dari semua variasi jenis perekat dengan dan tanpa aktivasi, yaitu pada briket arang tempurung kawista teraktivasi NaOH 0,1 N dengan perekat gel tepung beras sebesar 6905 kal/g. Uji karakteristik SNI ini meliputi beberapa parameter antara lain kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, dan kuat tekan.

4.6.1 Kadar Air

Pengukuran kadar air pada sampel briket arang tempurung kawista dengan perolehan nilai kalor terbaik, dilakukan dengan metode penguapan air pada suhu 105 °C menggunakan oven selama 1 jam. Sampel yang diperlukan sebanyak 1 g. Berat konstan akan didapatkan setelah melalui pemanasan dalam oven, sehingga sampel kering akan mengalami penurunan berat. Kadar air pada briket arang tempurung kawista dengan nilai kalor terbaik (perekat gel tepung beras – teraktivasi NaOH) sebesar 3,733 %. Menurut standar mutu SNI bahwa briket yang baik memiliki kadar air yaitu $\leq 7,57$ % (Tabel 2.3) sehingga hasil pengukuran uji kadar air pada sampel briket terbaik penelitian ini sudah sesuai dengan mutu

standar SNI. Kadar air masing-masing sampel dari setiap perlakuan ditunjukkan pada grafik Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Grafik Kadar Air

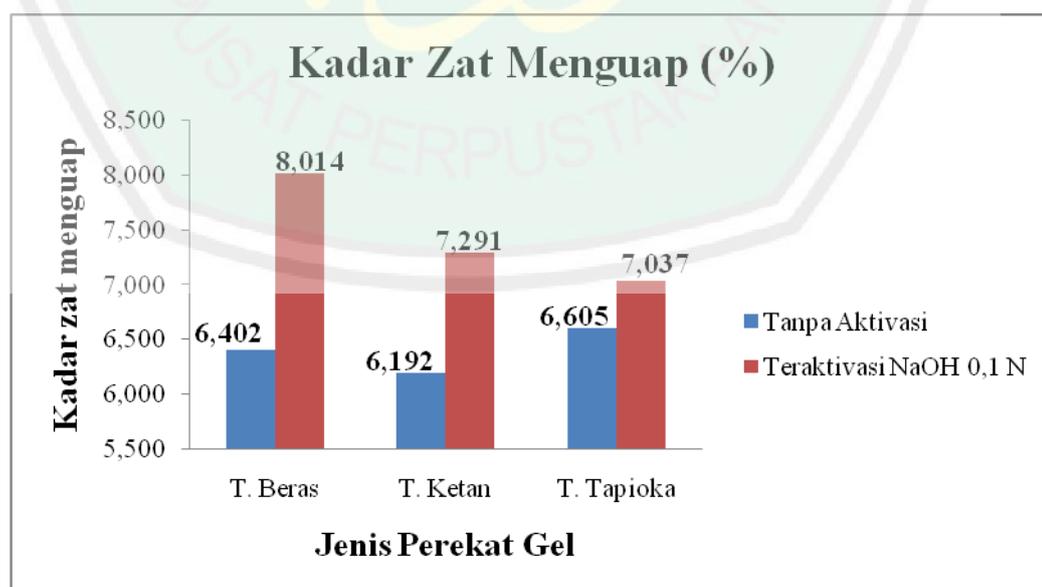
Hasil data kadar air dari semua jenis sampel briket variasi bahan perekat maupun perlakuan aktivasi kimia, menunjukkan nilai yang seluruhnya relatif rendah < 5 %. Menurut Gambar 4.4 bahwa grafik kadar air mengalami kenaikan dari perekat gel tepung beras, dan diikuti perekat gel tepung ketan, kemudian kadar air tertinggi terdapat pada briket arang perekat gel tepung tapioka. Selanjutnya jika diamati menurut perlakuan aktivasi kimia maka briket arang teraktivasi NaOH memiliki kadar air kisaran 3,5 – 4,5 % lebih besar dari kadar air briket arang yang tanpa aktivasi yaitu kisaran 2,5 – 3,5 %, masing-masing pada semua jenis bahan perekat gel tepung. Penentuan kadar air ini menggunakan persamaan 3.3 sesuai SNI.

Tujuan pengukuran kadar air adalah untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang. Arang karbon memiliki sifat afinitas yang besar terhadap air, maka semakin

besar nilai kadar air berarti karbon memiliki luas permukaan yang besar atau pori-pori yang banyak, sehingga lebih banyak menyerap dan menyimpan air dari lingkungan. Nilai kalor suatu briket arang juga sangat dipengaruhi oleh kandungan kadar airnya. Semakin kecil nilai kadar air briket arang maka semakin besar nilai kalor bakarnya, sehingga semakin bagus pula kualitas briket tersebut.

4.6.2 Kadar Zat Menguap

Penentuan kadar zat menguap (*volatile mater*) pada sampel briket arang tempurung kawista dengan perolehan nilai kalor terbaik, dilakukan dengan metode pemanasan dalam oven pada suhu $< 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ yaitu $80 - 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Sampel yang diperlukan sebanyak 1 g menggunakan cawan *crucible*. Kadar zat menguap dapat dihitung melalui persamaan 3.4 untuk mendapatkan nilai sesuai dengan standar mutu SNI. Menurut standar mutu SNI bahwa briket yang baik memiliki kadar zat mudah menguap yaitu $\leq 16,14\%$ (Tabel 2.3). Kadar zat menguap masing-masing sampel dari setiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 4.5 grafik kadar zat menguap berikut ini.



Gambar 4.5 Grafik Kadar Zat Menguap

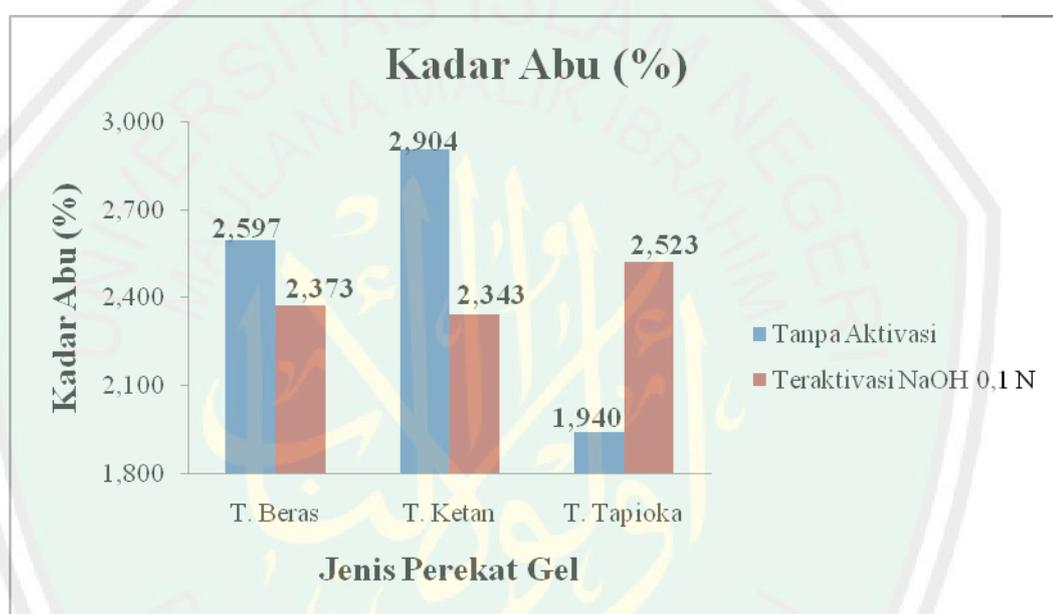
Kadar zat menguap pada briket arang tempurung kawista dengan nilai kalor terbaik (perekat gel tepung beras – teraktivasi NaOH) sebesar 8,014 % sehingga hasil pengukuran tersebut sudah sesuai dengan mutu standar SNI yaitu $\leq 16,14$ %. Hasil data kadar zat menguap pada semua jenis sampel briket variasi bahan perekat maupun perlakuan aktivasi kimia, menunjukkan nilai yang seluruhnya relatif rendah < 10 %. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa grafik kadar zat menguap untuk briket arang tanpa aktivasi mengalami kenaikan dari perekat gel tepung beras terhadap perekat gel tepung ketan, lalu terjadi penurunan pada perekat gel tepung tapioka.

Sedangkan kadar zat menguap untuk briket arang teraktivasi NaOH mengalami penurunan saja mulai dari perekat gel tepung beras, kemudian perekat gel tepung ketan, dan perekat gel tepung tapioka. Selanjutnya jika diamati menurut perlakuan aktivasi kimia maka briket arang teraktivasi NaOH memiliki kadar zat menguap yaitu kisaran 7 – 8 % lebih besar dari kadar zat menguap briket arang tanpa aktivasi yaitu kisaran 6 – 7 %, masing-masing pada semua jenis bahan perekat gel tepung. Tujuan penentuan kadar zat menguap pada briket arang adalah untuk mengetahui kandungan senyawa mudah menguap yang terkandung dalam arang.

4.6.3 Kadar Abu

Pengukuran kadar abu pada sampel briket arang tempurung kawista dengan perolehan nilai kalor terbaik, dilakukan dengan metode pemanasan menggunakan tanur pada suhu 500 °C selama 30 menit. Selanjutnya suhu dinaikkan pada 825 °C selama 30 menit. Sampel briket yang digunakan sebanyak 1 g menggunakan cawan *crucible* tanpa tutup. Kadar abu pada briket arang tempurung kawista nilai

kalor terbaik (perekat gel tepung beras – teraktivasi NaOH) sebesar 2,373 %. Menurut standar mutu SNI bahwa briket yang baik memiliki kadar abu yaitu $\leq 5,51$ % (Tabel 2.3) sehingga hasil pengukuran uji kadar abu pada sampel briket terbaik penelitian ini sudah sesuai dengan mutu standar SNI. Semua sampel briket dari variasi bahan perekat maupun perlakuan aktivasi kimia, menunjukkan nilai yang relatif rendah < 5 %. Kadar abu dihitung dengan menggunakan persamaan 3.5 dan berikut gambar grafik hasil data perhitungannya.



Gambar 4.6 Grafik Kadar Abu

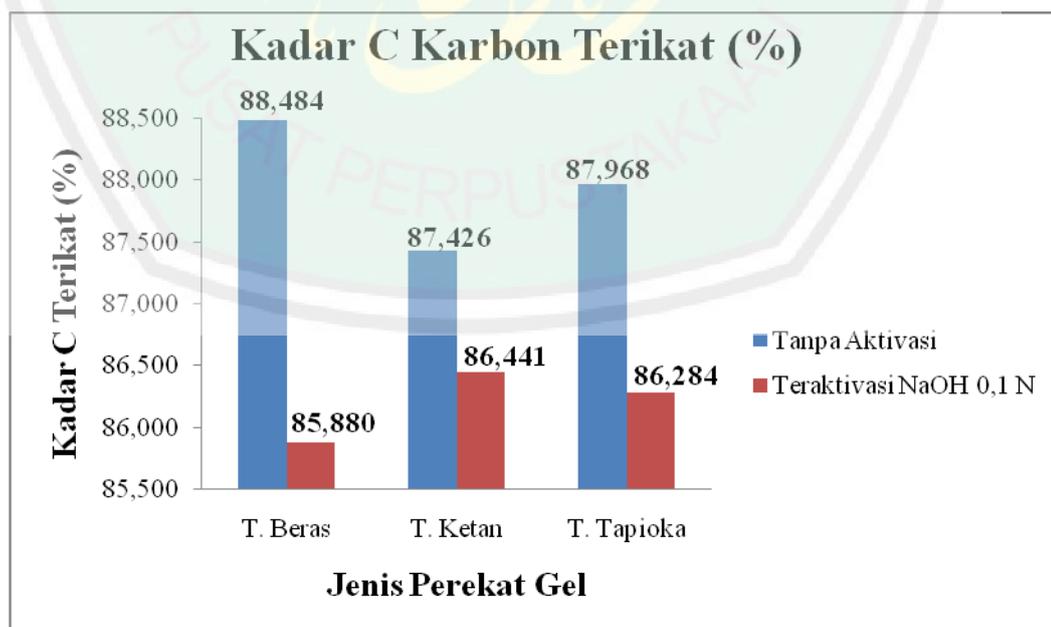
Menurut Gambar 4.6 bahwa grafik kadar abu untuk briket arang teraktivasi NaOH mengalami penurunan dari perekat gel tepung beras terhadap perekat gel tepung ketan kemudian terjadi kenaikan kembali pada perekat gel tepung tapioka, sedangkan kadar abu untuk briket arang tanpa aktivasi mengalami penurunan pada perekat gel tepung beras terhadap perekat gel tepung ketan dan terjadi kenaikan kembali pada perekat gel tepung tapioka. Selanjutnya kalau diamati hasil menurut perlakuan aktivasi kimia maka briket arang teraktivasi NaOH memiliki kadar abu yaitu kisaran 2 – 2,5 % lebih kecil dari kadar abu briket arang tanpa aktivasi yaitu

kisaran 1 – 2,9 % secara keseluruhan, tetapi terdapat satu data berbeda yang cukup signifikan menunjukkan nilai paling rendah yaitu pada briket arang tanpa aktivasi jenis perekat gel tepung tapioka sebesar 1,940 %.

Tujuan penentuan kadar abu ini adalah untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam arang, karena pengaruh keberadaan abu yang berlebih pada arang menyebabkan penyumbatan pada pori-pori arang sehingga luas permukaan arang menjadi berkurang. Pori-pori yang tersumbat inilah akan berakibat pada turunnya nilai kalor briket arang tersebut.

4.6.4 Kadar Karbon Terikat

Penentuan kadar karbon terikat pada sampel briket arang tempurung kawista dengan perolehan nilai kalor terbaik, dapat dihitung melalui persamaan 3.6 yaitu merupakan prosentase (%) keseluruhan kandungan zat selain kadar air, kadar zat menguap, dan kadar abu. Berikut gambar grafik data hasil dari perhitungan kadar karbon C terikat pada semua jenis sampel briket arang tempurung kawista.



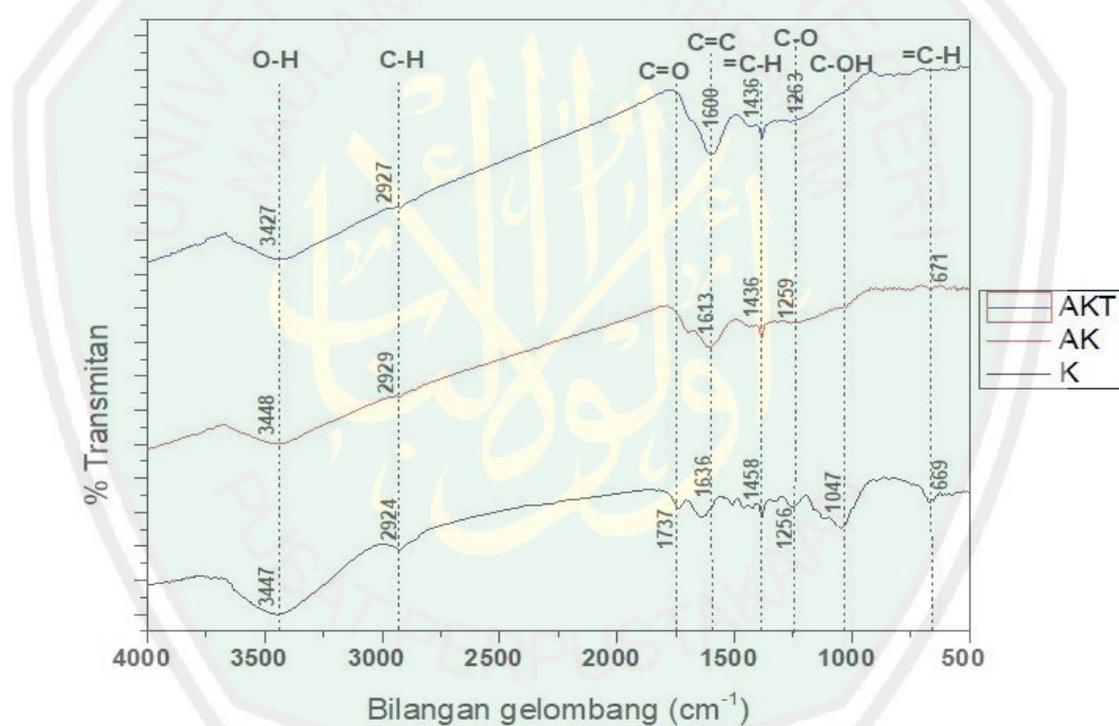
Gambar 4.7 Grafik Kadar Karbon C Terikat

Kadar karbon C terikat briket arang tempurung kawista dengan nilai kalor terbaik (perekat gel tepung beras – teraktivasi NaOH) sebesar 85,88 %. Menurut standar mutu SNI bahwa briket yang baik memiliki kadar karbon terikat yaitu $\geq 78,35$ % (Tabel 2.3) sehingga hasil pengukuran tersebut sudah sesuai dengan mutu standar SNI. Hasil data kadar karbon C terikat pada semua sampel briket variasi bahan perekat maupun perlakuan aktivasi kimia, menunjukkan nilai yang seluruhnya relatif tinggi > 85 %.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa kadar karbon C terikat untuk briket arang teraktivasi NaOH mengalami kenaikan dari perekat gel tepung beras terhadap perekat gel tepung ketan, lalu terjadi penurunan kembali pada perekat gel tepung tapioka. Kadar karbon C terikat untuk briket arang tanpa aktivasi mengalami penurunan dari perekat gel tepung beras terhadap perekat gel tepung ketan, lalu terjadi kenaikan kembali pada perekat gel tepung tapioka. Ditinjau dari perlakuan aktivasi kimia maka briket arang teraktivasi NaOH memiliki kadar karbon C terikat yaitu kisaran 87 – 88,5 % lebih besar dari kadar karbon C terikat pada briket arang tanpa aktivasi yaitu kisaran 85 – 86,5 %, masing-masing pada semua jenis bahan perekat gel tepung. Besar kecilnya kadar karbon yang dihasilkan dipengaruhi oleh bervariasinya kadar abu dan kadar zat menguap. Menurut grafik Gambar 4.7 kadar karbon C terikat menunjukkan hasil yang berlawanan dengan nilai kalor briket arang. Kadar karbon C terikat tertinggi terdapat pada briket arang tanpa aktivasi perekat gel tepung beras, sebaliknya untuk nilai kalor tertinggi terdapat pada briket arang teraktivasi NaOH perekat gel tepung tapioka. Tujuan dari penetapan kadar karbon C terikat adalah untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses pengarangan (karbonisasi).

4.7 Analisis Gugus Fungsi Kulit, Arang, dan Briket Arang menggunakan Spektrofotometer FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk identifikasi gugus fungsi pada semua bentuk dan jenis sampel, serta mengetahui perubahan yang terjadi pada tiap-tiap sampel pada penelitian ini. Masing-masing pelet sampel menggunakan campuran KBr dan diuji pada bilangan gelombang 4000 – 400 cm^{-1} . Berikut gambar hasil Origin Lab data spektra FTIR untuk sampel kulit kawista (K), arang kulit (AK), dan arang kulit teraktivasi (AKT) NaOH 0,1 N.



Gambar 4.8 Spektra FTIR Sampel Kulit, Arang Kulit, dan Arang Kulit Teraktivasi

Gambar spektra FTIR tersebut menunjukkan bahwa terjadi perubahan struktur senyawa yang terkandung pada masing-masing sampel. Tempurung atau kulit kawista sebagian besar mengandung senyawa selulosa dan lignin yang termasuk dalam golongan karbohidrat sebesar 7,5 / 100 g sampel dan sebagian

kecil dari lemak dan air (Agustin, 2012). Perubahan kandungan senyawa akan terjadi setelah dilakukan karbonisasi menjadi sampel arang (bukan kulit lagi) yaitu sebagian selulosa dan lignin akan diuraikan menjadi tar (hasil pembakaran), kandungan karbon akan naik hingga 98 %, dan sisanya berupa abu. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya intensitas gugus C=C pada spektra sampel arang dibandingkan dengan intensitas gugus C=C pada spektra kulit arang. Komponen *volatile* dan kandungan air akan hilang saat proses karbonisasi.

Berdasarkan hasil spektra pada Gambar 4.8 tersebut, analisis gugus fungsi pada setiap bilangan gelombang sampel yaitu ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Gugus Fungsi Kulit, Arang Kulit, dan Arang Kulit Teraktivasi

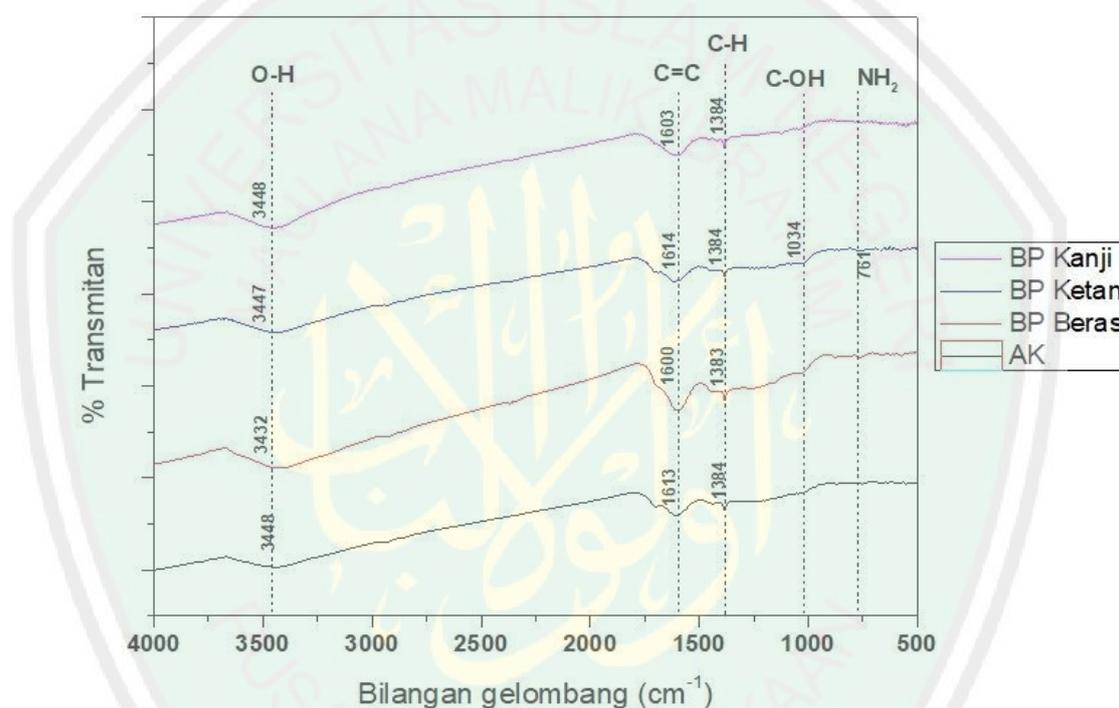
Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi
Hasil Penelitian	Sumber Literatur	
3448 – 3427	3600 – 3200 (Carey, 2000)	O–H (<i>bending</i>)
2924 – 2929	2950 – 2850 (Carey, 2000)	C–H (<i>bending</i>)
1737	1750 – 1730 (Carey, 2000)	C=O (<i>bending</i>)
1636 – 1600	1680 – 1600 (Stuart, 2004)	C=C (<i>stretching</i>)
1458 – 1436	1400 (Stuart, 2004)	=C–H (<i>bending</i>)
1263 – 1256	1240 (Stuart, 2004)	C–O (<i>stretching</i>)
1047	1100 – 1025 (Carey, 2000)	C–OH (<i>bending</i>)

Hasil data bilangan gelombang pada Tabel 4.2 tersebut secara keseluruhan menunjukkan gugus fungsi yang sama pada tiap sampel, hanya ada perbedaan gugus pada sampel kulit kawista yaitu C=O dan C–OH masing-masing pada bilangan gelombang 1737 dan 1047 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi adanya perubahan gugus senyawa dari kulit kawista menjadi arang kulit saat dilakukan pembakaran/pengarangan proses karbonisasi dalam tanur.

Menurut Apriyantono (2004) yang melakukan uji kualitatif dan kuantitatif pada komponen flavor buah kawista dihasilkan identifikasi komponen senyawa ester sebesar 37,3 % serta aldehid dan keton masing-masing 13,3 %. Hal ini

membuktikan bahwa masih melekatnya kandungan senyawa buah kawista pada kulit / tempurungnya yaitu dengan teridentifikasinya gugus C=O dan C–OH.

Spektra FTIR selanjutnya yaitu antara arang kulit kawista (AK) dengan briket arangnya masing-masing pada jenis perekat yang berbeda antara lain gel tepung beras, gel tepung ketan, dan gel tepung tapioka (kanji). Hasil ini khusus untuk briket arang yang tanpa aktivasi. Berikut gambar hasil Origin Lab data spektra FTIR untuk beberapa sampel tersebut.



Gambar 4.9 Spektra FTIR Arang Kulit (murni tanpa aktivasi) dan Briket Arangnya

Gambar spektra FTIR tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan struktur senyawa yang terkandung pada tiap-tiap jenis perekat pada briket arang. Tiap 100 g bahan perekat (tepung beras, tepung ketan, tepung tapioka) sama-sama mengandung sebagian besar karbohidrat (75-87 g), sedikit protein dan lemak, sisanya berupa air dan senyawa kimia lain seperti Ca, P, Fe, dan vitamin B1. Pembuatan briket yaitu dengan menambahkan perekat pada arang karbon hasil

karbonisasi sebelumnya, sehingga terdapat perbedaan/perubahan struktur senyawa antara arang saja dengan briket arangnya.

Komponen penyusun arang yaitu berupa 98 % karbon dan sisanya abu, sedangkan briket arang dengan penambahan perekat akan berbeda kandungan senyawanya disebabkan oleh kandungan dari masing-masing perekat. Beberapa senyawa yang terkandung dalam briket arang menggunakan perekat gel tepung antara lain yaitu karbon, pati amilum yang termasuk golongan karbohidrat, sedikit protein dan lemak, dan sisanya berupa abu. Hal ini ditunjukkan dengan naiknya intensitas gugus C=C pada spektra arang saja menjadi briket arang dengan penambahan perekat.

Berdasarkan hasil spektra pada Gambar 4.9 tersebut, analisis gugus fungsi pada setiap bilangan gelombang sampel yaitu ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut :

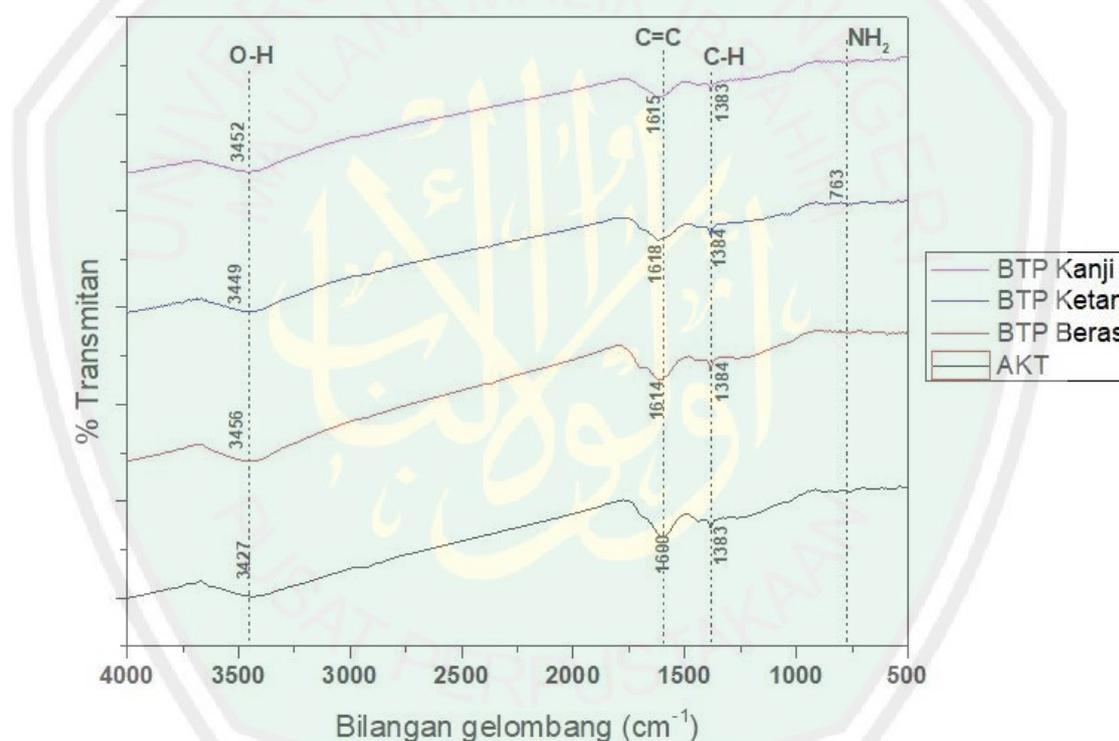
Tabel 4.3 Gugus Fungsi Arang Kulit dan Briket Arangnya

Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Gugus Fungsi
Hasil Penelitian	Sumber Literatur	
3448 – 3432	3600 – 3200 (Carey, 2000)	O–H (<i>bending</i>)
1614 – 1600	1680 – 1600 (Stuart, 2004)	C=C (<i>strerching</i>)
1384 – 1383	~ 1384 (Socrates, 2007)	C–H (<i>bending</i>)
1034	1100 – 1025 (Carey, 2000)	C–OH (C–O <i>bending</i>)
761	850 – 750 (Stuart, 2004)	NH ₂ (<i>twisting & wagging</i>)

Hasil data bilangan gelombang pada Tabel 4.3 tersebut secara keseluruhan menunjukkan gugus fungsi yang sama pada tiap sampel, hanya ada perbedaan gugus pada sampel briket arang dengan perekat gel tepung ketan yaitu C–OH dan NH₂ masing-masing pada bilangan gelombang 1034 dan 761 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan gugus senyawa dari perekatnya yaitu tepung ketan. Gugus NH₂ (amina) ini dimungkinkan dari kandungan protein pada tepung ketan yang cukup tinggi yaitu 6,7 % (Tabel 2.5) jika dibandingkan dengan

tepung tapioka hanya 0,5 % (Tabel 2.6). Penyusun utama protein yaitu asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida dan merupakan senyawa organik kompleks berupa makromolekul.

Spektra FTIR selanjutnya yaitu antara arang kulit kawista teraktivasi (AKT) dengan briket arangnya masing-masing pada jenis perekat yang berbeda antara lain gel tepung beras, gel tepung ketan, dan gel tepung tapioka (kanji). Hasil ini khusus untuk briket arang yang teraktivasi NaOH 0,1 N. Berikut gambar hasil Origin Lab data spektra FTIR untuk beberapa sampel tersebut.



Gambar 4.10 Spektra FTIR Arang Kulit Teraktivasi NaOH 0,1 N dan Briket Arangnya

Beberapa senyawa yang terkandung dalam briket arang menggunakan perekat gel tepung antara lain yaitu karbon, pati amilum yang termasuk golongan karbohidrat, sedikit protein dan lemak, dan sisanya berupa abu. Hal ini ditunjukkan dengan naiknya intensitas gugus C=C pada spektra arang saja

menjadi briket arang dengan penambahan perekat. Terdapat perbedaan intensitas gugus C=C yaitu hasil spektra pada arang teraktivasi NaOH yang lebih besar dari intensitas C=C pada arang tanpa aktivasi sebelumnya.

Berdasarkan hasil spektra pada Gambar 4.10 tersebut, analisis gugus fungsi pada setiap bilangan gelombang sampel yaitu ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Gugus Fungsi Arang Kulit Teraktivasi dan Briket Arangnya

Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Gugus Fungsi
Hasil Penelitian	Sumber Literatur	
3456 – 3427	3600 – 3200 (Carey, 2000)	O–H (<i>bending</i>)
1618 – 1600	1680 – 1600 (Stuart, 2004)	C=C (<i>stretching</i>)
1384 – 1383	~ 1384 (Socrates, 2007)	C–H (<i>bending</i>)
763	850 – 750 (Stuart, 2004)	NH ₂ (<i>twisting & wagging</i>)

Hasil data bilangan gelombang pada Tabel 4.4 tersebut secara keseluruhan menunjukkan gugus fungsi yang sama pada tiap sampel, hanya ada perbedaan gugus pada sampel briket arang dengan perekat gel tepung ketan yaitu NH₂ pada bilangan gelombang 763 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan gugus senyawa dari perekatnya yaitu tepung ketan. Gugus NH₂ (amina) ini dimungkinkan dari kandungan protein pada tepung ketan yang cukup tinggi yaitu 6,7 % (Tabel 2.5) jika dibandingkan dengan tepung tapioka hanya 0,5 % (Tabel 2.6). Hasil identifikasi ini hamper sama dengan sampel briket arang teraktivasi pada perekat gel yang sama yaitu tepung ketan.

4.8 Briket Arang Sebagai Energi Terbarukan dalam Perspektif Islam

Berdasarkan hasil penelitian ini, briket arang tempurung kawista yang dibuat dengan metode penggumpalan dan penambahan bahan pengikat (perekat) mampu digunakan sebagai bahan bakar biomassa pengganti minyak bumi. Ketika briket arang diuji nilai kalor bakarnya dengan menggunakan Kalorimeter Bom

menunjukkan bahwa sampel habis terbakar semua. Hasil nilai kalor bakar terbaik yang diperoleh terdapat pada sampel briket arang tempurung kawista teraktivasi NaOH 0,1 N dengan perekat gel tepung beras sebesar 6905 kal/g.

Penelitian pembuatan briket arang dari tempurung kawista merupakan salah satu wujud melestarikan sumber daya alam, yaitu dengan menciptakan sumber energi terbarukan yang berasal dari tumbuhan atau limbah pertanian biasa disebut dengan biomassa. Selain itu, dalam rangka mengantisipasi kelangkaan bahan bakar minyak bumi yang dalam kurun waktu lama akan habis, maka hal ini perlu dilakukan dengan mengembangkan penggunaan energi biomassa sebagai bahan bakar alternatif berupa briket arang. Al Quran dalam hal ini telah menyebutkan mengenai pemanfaatan tumbuhan atau limbah pertanian yaitu pada surat Yaasiin (36): 80.

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ ﴿٨٠﴾

Artinya : “Yaitu Tuhan yang menjadikan untukmu api dari pohon yang hijau, maka tiba-tiba kamu nyalakan (api) dari kayu itu”.(QS. Yaasiin : 80)

Dijelaskan pada surat Yaasiin (36): 80 tersebut bahwasannya Allah SWT telah menjadikan sumber energi panas berupa api (النار) berasal dari pohon yaitu pada lafadz شجر yang berupa kayu. Maksud dari ayat tersebut menurut tafsir yaitu

Dia Dzat Allah SWT yang telah menciptakan pohon hijau الشجر الأخضر dimulai (berasal) dari air hingga menjadi hijau cantik nan elok maka akan berbuah dan masak, kemudian biasanya sampai menjadi kayu kering yang dapat digunakan untuk menyalakan api, begitulah Tuhan Maha berbuat apa saja yang Dia inginkan

dan berkuasa atas segala yang dikehendaki-Nya. Tidak ada sesuatupun yang mampu mencegahnya (Katsir, 1992).

Dikatakan bahwa yang dimaksud dengan “Pohon شجر” tersebut adalah pohon *al-Markh* dan *al-‘Afar* yang tumbuh di tanah Hijaz. Dikisahkan suatu hari ada seorang yang datang menginginkan pohon api ini dan tidak punya sepercik api sedikitpun, sehingga dia mengambil 2 potong dahan kayu yang hijau dari pohon tersebut. Selanjutnya dia melubangi salah satu dahan dengan dahan yang lain, hingga muncul api di antara keduanya sama persis seperti percikan api (Katsir, 1992).

Briket arang yang dibuat pada penelitian ini menggunakan bahan baku yang berasal dari kulit buah yaitu tempurung kawista. Meskipun bukan berasal dari pohon شجر berupa kayu, tetapi kandungan selulosa yang relatif tinggi pada kulit kawista menyebabkannya bersifat keras mirip seperti kayu. Selain itu selulosa merupakan senyawa kimia yang banyak terkandung pada batang kayu pohon untuk membentuk struktur dinding sel yang keras. Oleh sebab itu, meskipun bukan bagian dari batang kayu pohon, namun penggunaan kulit kawista untuk bahan baku briket sesuai dengan surat Yaasiin (36): 80 dan surat al-Waqiah (56): 71 – 72 dengan alasan kesamaan sifat keras dan kandungan senyawa selulosa di antara keduanya.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada satupun ciptaan Allah SWT di alam semesta ini yang diciptakan batil/sia-sia, semua memiliki manfaat dan fungsi masing-masing sesuai kadarnya. Hal ini Allah SWT telah berfirman dalam al Quran pada surat Ali ‘Imron (3): 190-191 berikut ini.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتَلَفِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ

السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : (190) Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. (191) (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka. (QS. Ali 'Imron : 190-191)

Sesuai dengan ayat tersebut, manusia sebagai salah satu ciptaan Allah SWT yang menjadi khalifah di bumi diperintahkan untuk selalu mengingat dan memikirkan akan (terhadap) ciptaan-Nya sebagai bentuk implementasi dari seorang yang أول الألباب . Yaitu orang-orang yang senantiasa memikirkan tanda-tanda kekuasaan Allah SWT di langit maupun bumi dalam situasi dan kondisi apapun. Puncak seorang أول الألباب ialah bahwa tidak ada satupun ciptaan Allah SWT yang sia-sia (batil), mekipun itu sebuah kotoran masih memiliki manfaat sekecil apapun yaitu bisa dijadikan pupuk yang mampu menyuburkan tanah.

Hal ini juga berlaku pada pemanfaatan sampel tempurung kawista sebagai bahan pembuatan briket arang dalam penelitian ini. Oleh sebab kekuasaan-Nya yang begitu besar dan sangat menakjubkan itulah, maka sebagai manusia yang diciptakan dengan sebaik-baiknya bentuk ciptaan yang dilengkapi dengan akal fikiran diperintahkan untuk selalu mengingat dan memikirkan terhadap kekuasaan serta nikmat begitu besar yang Allah SWT berikan. Selain itu, sebagai bentuk rasa syukur terhadap nikmat yang diberikan ini yaitu dengan cara senantiasa berdzikir

menyebut nama-Nya dalam situasi apapun, contoh paling mudah dengan bertasbih mensucikan-Nya yaitu Maha Suci Engkau Yaa Allah Dzat Pencipta segalanya di alam semesta ini yaitu bumi dan langit tanpa ada satupun yang sia-sia.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai kalor tertinggi terdapat pada briket arang tempurung kawista teraktivasi NaOH 0,1 N dengan jenis perekat gel tepung beras sebesar 6905 kal/g.
2. Karakterisasi mutu briket arang tempurung kawista dengan nilai kalor terbaik tersebut yaitu meliputi kadar air 3,733 % (SNI \leq 7,57 %), kadar zat menguap 8,014 % (SNI \leq 16,14 %), kadar abu 2,373 % (SNI \leq 5,51 %), dan kadar karbon C terikat 85,88 % (SNI \geq 78,35 %). Berdasarkan hasil pengukuran pada masing-masing sifat briket arang maka sudah sesuai dengan standar SNI pada Tabel 2.3.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap briket arang tempurung kawista dengan bervariasi konsentrasi larutan aktivator NaOH untuk mendapatkan hasil nilai kalor yang lebih besar pada kondisi optimum.
2. Aktivasi (perendaman) kimia terhadap tempurung kawista bisa dilakukan dengan menggunakan reagen lain seperti garam NaCl atau asam anorganik dan aktivator basa selain NaOH.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, N.R. 2010. Penentuan Nilai Kalor Berbagai Komposisi Campuran Bahan Bakar Minyak Nabati. *Skripsi*. Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Agustin, A.N., Frelyta, A.Z., Riskyhanti, O., dan Rahmawati, A. 2012. Kampung Kawista Sentra Olahan Produk Khas Kota Kartini Melalui Pemberdayaan Masyarakat Berbasis Home Industri. *PKM Pengabdian Masyarakat*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Allidawati dan Bambang, K. 1989. *Metode Uji Mutu Beras dalam Program Pemuliaan Padi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- American Society for Testing and Materials. 2002. ASTM Standar Coal and Coke D 5142-02. Philadelphia.
- Apriyantono, Anton. dan Kumara, Bakti. 2004. Identifikasi *Character Impact Odorant* Buah Kawista (*Feronia limonia*). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. Vol. XV, No. 1, IPB Bogor.
- Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan (BKPP). 2012. *Data Kandungan Gizi Bahan Pangan Pokok dan Penggantinya*. Yogyakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (Balitbang). 1994. Pedoman Teknis Pembuatan Briket Arang. Departemen Kehutanan No: 3.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2000. Standar Mutu Briket di Pasaran (*SNI 1-6235-2000*). Jakarta.
- Byrne, C.E., Nagle, D.C. 1997. Carbonization of Wood for Advanced Materials Applications. *CARBON* 35(2): 259-266
- Carey, Francis A. 2000. *Organic Chemistry, Fourth Edition*. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Clark, A. 1999. Preparation and Characterization Activated Carbon From Coconut Shell Impregnated With Phosporic Acid. *Carbon*. Vol 27 No. 2.
- Damardjati, D.S. 1995. *Karakteristik Sifat Standarisasi Mutu Beras sebagai Landasan Pengembangan Agribisnis dan Agroindustri Padi di Indonesia*. Balai Penelitian Teknologi Pangan. Bogor.
- Damardjati, D.S dan Purwani, E.Y. 1991. *Mutu Beras*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

- Departemen Pendidikan Nasional (Depdiknas). 2003. Ilmu Bahan Listrik: Bidang Ketenagalistrikan Program Teknik Transmisi. *Modul Pembelajaran*. Kode: MK, MTP 3. Jakarta : Direktur Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Kejuruan.
- Direktorat Gizi. 1981. *Komposisi Kimia Beras Ketan Putih dalam 100 gram Bahan*.
- Gaman, P.M. dan Sherrington, K.B. 1994. Ilmu Pangan: *Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi* (Terjemahan oleh M. Gardjito; S. Naruki; A. Murdiati; Sardjono). Edisi Kedua. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Grover, P.D. 1996. Biomass Briquetting. *Practices Food and Agriculture*. Organization of The United Nations, Bangkok.
- Haji, A.G. 2007. Konversi Sampah Organik Menjadi Kompos-Arangs (Kompos-Arangs Aktif- Asap Cair) dan Aplikasinya Pada Tanaman Daun Dewa. *Disertasi*. Bogor : Sekolah Pascasarjana, IPB.
- Hambali, E. dkk. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta : Agromedia.
- Hartomo, A.J. 1992. *Memahami Polimer dan Perekat*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Andi Offset.
- Haryadi. 2006. *Teknologi Pengolahan Beras*. Yogyakarta : Penerbit UGM Press.
- Haryanto, B. 1992. *Potensi dan Pemanfaatan Sagu*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Hendra dan Darmawan. 2000. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa terhadap Kualitas Briket Arang*. Puslitbang Hasil Hutan, Bogor.
- Horton, H.R., Moran, L.A., Ochs, R.S., Rawn, J.D., and Scrimgeour, K.G. 2002. *Principles of Biochemistry*. USA : Prentice Hall.
- Imeson, A. 1999. *Thickening and Gelling Agent for Food*. Maryland : Aspen Publisher.
- Jones, D.T. 1992. Edible Fruits and Nuts. *Plant Resources of South-East Asia 2*. Bogor : Prosea.
- Jonnata, M., Katzir A., dan Mizaikoff B. 2002. Sol-gel Coated Mid-Infrared Fiber-Optic Sensors. *Georgia Institute of Technology*. Volume 57, Nomor 7.
- Josep, S. dan Hislop. 1981. *Residu Briquetting in Development Countries*. London: Applied Science Publisher.

- Kadan, R.S., Champagne, E.T., Ziegler, G.M., and Richard, A.O. 1997. Amylose and Protein Contents of Rice Cultivars as Related to Texture of Rice-Based Fries. *Journal of Food Science*. 62(4), 701-703.
- Katsir, Ibnu Abi al Fida'. 1992. *Tafsir al Quran al 'Adzim*. Beirut : Penerbit an Nur al 'Ilmiah.
- Kinoshita, K. 1988. *Carbon Electrochemical and Physicochemical Properties*. New York : John Wiley & Sons.
- Koswara, S. 2006. Lebih Akrab dengan Kue Basah. Dalam *Skripsi* (Febby Natalia Gunawan, 2010). Semarang : Universitas Katolik Soegijapranata.
- Kurniawan, O. dan Marsono. 2008. *Superkarbon Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Lubis, Khairati. 2008. Transformasi Mikropori Ke Mesopori Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Nilai Kalor Bakar Briket Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Tesis*. Medan : Universitas Sumatera Utara, Sekolah Pascasarjana, Program Studi Ilmu Kimia.
- Mariyani, Rumijati. 2004. Pengaruh Penambahan Bulu Ayam terhadap Kandungan Karbon Briket Bioarang Sampah Pekarangan. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. Vol. 5. No. 2. Hal. 81-88.
- Maryono., Sudding., dan Rahmawati. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemica* Vol. 14 Nomor I 74-83.
- Matsuzawa, Y., Mae, K., Hasegawa, I., Suzuki, K., Fujiyoshi, H., Ito, M., and Ayabe, M. 2007. *Characterization of Carbonized Municipal Waste as Substitute for Coal Fuel*. 86 : 264- 272.
- Mazumdar, Shri B.K. 2006. Methods of Test for Coal and Coke 1984. *Manak Bhavan, 9 Bahadur Shah Zafar Marg*. Amendment No. 1 (1992) Edisi Cetakan keempat. New Delhi : Bureau of Indian Standards.
- Muchtadi, Tien R. 1992. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Bogor : IPB Press.
- Mustafa, Ahmad. 1994. *Tafsir al-Maraghi*. Semarang : CV Toha Putra.
- Nugraha, Justin R. 2013. Karakteristik Termal Briket Arang Ampas Tebu dengan Variasi Bahan Perikat Lumpur Lapindo. *Skripsi*. Jember : FT Teknik Mesin Universitas Jember.
- Nugroho, I.A. 2012. Keragaman Morfologi dan Anatomi Kawista (*Limonia acidissima L.*) di Kabupaten Rembang. *Skripsi*. Bogor : MIPA IPB.

- Nurhilal, Otong., Setianto., Suhandi, Anda. 2017. Desain Kalorimeter Bomb Biomassa dengan Metode Oksigen Dinamik. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*. Vol. 01, No. 02 : 21-27. Bandung : Universitas Padjadjaran.
- Pari, G. 2002. Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu. *Makalah Falsafah Sains*. Bogor : Program Sarjana/S3, IPB.
- Pari, G. dan Hartoyo. 1983. *Beberapa Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang dari Limbah Arang Aktif*. Bogor : Puslitbang Hasil Hutan.
- Rahayu, S.I. 2006. *Termodinamika Asas Dasar dan Terapan Kimia*. Bandung : Penerbit ITB.
- Ruhendi, S., Koroh, D.N., Syahmani, F.A., Yanti, H., Nurhaida., Saad, S., dan T. Sucipto. 2007. *Analisis Perekatan Kayu*. Bogor : Fakultas Kehutanan, IPB.
- Saputro, D. 2008. Studi Tentang Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Nilai Kalor Briket Tongkol Jagung. *Jurnal Jurusan Teknik Mesin*. Vol 6. No: 2.
- Sariawan, N.R. dan Wahyu, A.M. 2005. *Pembuatan Arang Aktif dari Jerami Padi Sebagai Adsorbent*. Yogyakarta : FT Industri, Jurusan Teknik Kimia, UPN Veteran.
- Sartape, A.S., Raut, P.D., and Kolekar, S.S. 2010. Efficient Adsorption of Chromium (VI) Ions from Aqueous Solution onto a Low-cost Adsorbent Developed from *Limonia acidissima* (Wood Apple) Shell. *Adsorption Science & Technology*, Vol. 28 No. 6.
- Sartape, A.S., Mandhare, A.M., Jadhav, V.V., Raut, P.D., Anuse, M.A., and Kolekar, S.S. 2013. Removal of Malachite Green Dye from Aqueous Solution with Adsorption Technique Using *Limonia acidissima* (Wood apple) Shell as Low Cost Adsorbent. *Arabian Journal of Chemistry*. Kolhapur, India : Shivaji University.
- Schuchart, F., Wulfert, K., Darmoko., Darmosarkoro., dan Sutara, W. 1996. *Pedoman Teknis Pembuatan Briket Bioarang*. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Dephut Sumatera Utara. Medan.
- Schwartz, J. dan Zelinski, J. 1978. The Binding and Desintegrant Properties of The Corn Starch Fraction Amylose and Amylopectin. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 19 (9), 1037-1046.
- Sembiring, T. dan Sinaga, S. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Shihab, M.Quraish. 2003. *Tafsir al-Misbah, Pesan, Kesan dan Keserasian al-Quran*. Vol. 13. Jakarta : Lentera Hati.

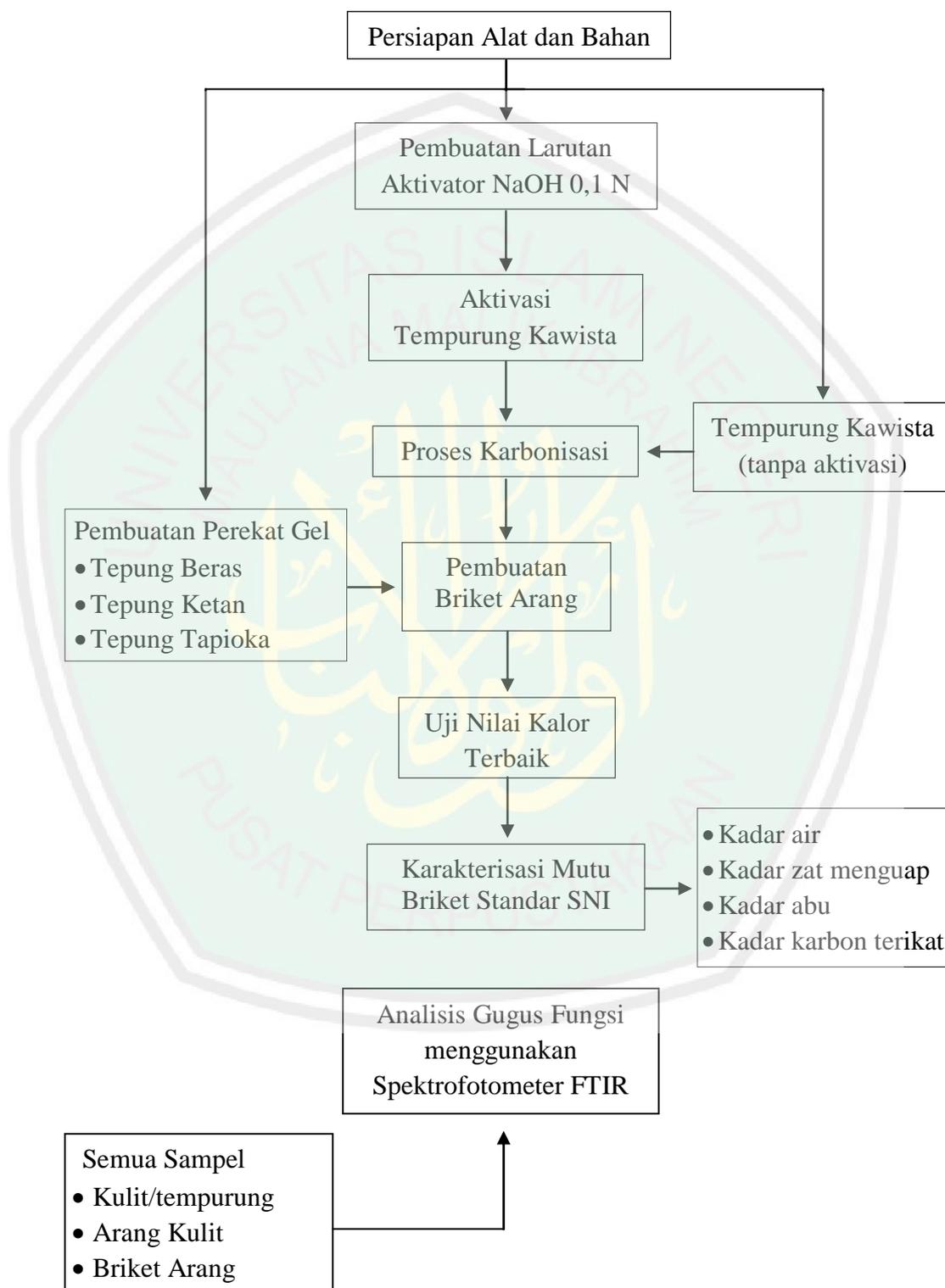
- Shreve, R.N. 1977. *Chemical Process Industries*. McGrawHill Kogasha.
- Sibarani, Esther. 2010. Pengaruh Impregnasi NaCl Terhadap Nilai Kalor Bakar dan Kuat Tekan Briket Arang Tempurung Kelapa. *Skripsi*. Medan : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara
- Socrates, G. 2007. *Infrared Characteristic Group Frequencies*. New York: John Wiley and Sons.
- Stuart, Barbara. 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. New York : John Wiley & Sons, Ltd.
- Sudrajat, R. dan Soleh, S. 1994. *Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif*. Bogor : Puslitbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan).
- Suganal. 2008. Rancangan Proses Pembuatan Briket Batubara Nonkarbonisasi Skala Kecil dari Batu Bara Kadar Abu Tinggi. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batu Bara*. Volume 05. No 13. Hal 17–30.
- Sukamto LA. 2000. Kultur Biji Kupas dan Tanpa Kupas Kawista secara *In Vitro*. Di dalam: *Pengembangan Wilayah Lahan Kering. Prosiding Seminar Nasional III*; Bandar Lampung, 3-4 Oktober 2000. Bandar Lampung: Universitas Lampung. hlm 160-163.
- Sukandarrumidi. 2006. *Batu Bara dan Gambut*. Yogyakarta : UGM Press.
- Sumangat, D. dan Broto, W. 2009. Kajian Teknis dan Ekonomis Pengolahan Briket Bungkil Biji Jarak Pagar sebagai Bahan Bakar Tungku. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. Vol 5. Bogor.
- Supeno, M. 1994. Efek Substitusi Hitam Arang dengan Karbon Aktif terhadap Perbaikan Sifat Mekanik dan Listrik dari Ban. *Laporan Penelitian*. Medan : FMIPA USU.
- Suryani, I., U Permana, M.Y., dan Dahlan, M.H. 2012. Pembuatan Briket Arang dari Campuran Buah Bintaro dan Tempurung Kelapa menggunakan Perekat Amilum. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 18. No: 1.
- Suzuki, T., Takahashi, Y., Okimoto, M., Yamada, T., Okazakik, N., Shimizu, Y., and Fujiwara, M. 2007. Nickel-catalyzed Carbonization of Wood for Coproduction of Functional Carbon and Fluid Fuels I. *J. Wood Sci.*, 53, 54-60.
- Tan, I.A.W., Ahmad, A.L., and Hamed, B.I. 2007. Optimization of Preparation Condition for activated Carbon from Coconut Husk. *Chemical Engineering Journal*, P. 1 -32.

- Tazi, Imam. dan Sulistiana. 2011. Uji kalor Bakar Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Minyak Goring Bekas. *Jurnal Neutrino*. Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim. Vol. 3, No: 2.
- Wibowo, A Setio. 2009. Kajian Pengaruh Komposisi dan Perekat Pada Pembuatan Briket Sekam Padi terhadap Kalor yang Dihasilkan. *Skripsi*. Semarang : UNDIP.
- Winarno, F.G. 1992. *Dasar-dasar Biokimia*. Edisi Pertama, Jakarta : UI Press.
- Winarno, F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : Gramedia.
- Yusuf, Andi Ardan. 2010. Kegunaan Briket Batubara. *Skripsi*. Jakarta : Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Penelitian



Lampiran 2. Diagram Alir

L.2.1 Persiapan Sampel

1.1 Bahan Baku Tempurung Kawista

Tempurung Kawista

- dipilih yang masak pohon
- dibersihkan dari kotoran
- dikeringkan di bawah sinar matahari jika terlalu basah
- dioven selama 1 jam pada suhu 105 °C hingga berat konstan
- dipotong kecil-kecil (dihancurkan)

Kulit Kawista Kering

1.2 Perekat Gel (Tepung Beras, Tepung Ketan, dan Tepung Tapioka)

Tepung

- ditimbang masing-masing variasi jenis perekat (tepung beras, tepung ketan, dan tepung tapioka) dengan campuran bubuk arang dan tepung 9:1 (berat total 1 g)
- dilarutkan dalam 100 mL air hangat (Lubis, 2008)
- dipanaskan di atas hot plate sambil diaduk
- ditambah aquades hingga berbentuk gel dan lengket (Lubis, 2008)

Perekat Gel

1.3 Larutan Aktivator 100 mL NaOH 0,1 N

NaOH Padatan

- ditimbang 0,4 g
- dilarutkan dalam 10 mL aquades
- ditandabatkan ke dalam labu takar 100 mL
- dihomogenkan dengan cara dikocok

Larutan Aktivator

1.4 Larutan Standar 100 mL Na₂CO₃ 0,0725 N

Na₂CO₃ Padatan

- ditimbang 0,384 g
- dilarutkan dalam 10 mL aquades
- ditandabatkan ke dalam labu takar 100 mL
- dihomogenkan dengan cara dikocok

Larutan Standar

L.2.2 Aktivasi Tempurung Kawista

Kulit Kawista Kering

- ditimbang 50 g
- direndam ke dalam larutan aktivator NaOH 0,1 N 100 mL selama 30 menit
- ditiriskan hingga larutan tidak menetes (± 24 jam)
- dioven pada suhu 105 °C selama 60 menit hingga berat konstan
- dikarbonisasi menggunakan tanur pada suhu 400 °C selama 60 menit
- dicuci arang menggunakan aquades hingga netral sesuai pH aquades
- ditiriskan dan dioven pada suhu 105 °C selama 60 menit

Arang Kulit Kawista Teraktivasi

L.2.3 Pembuatan Briket Arang Tempurung Kawista

Arang Kering

- dihaluskan
- diayak menggunakan ayakan 100 mesh
- dicampur dengan masing-masing perekat gel yang sudah dibuat sampai benar-benar merata
- dicetak menggunakan cetakan silinder $d = 13$ mm pada FTIR
- dipres menggunakan pengepres hidrolik dengan tekanan 0,5 ton selama 5 menit (Lubis, 2008)
- dioven kembali pada suhu 105 °C selama 5 jam
- diulangi semua perlakuan untuk pembuatan briket arang tanpa aktivasi kimia dengan NaOH 0,1 N

Briket arang kering

L.2.4 Pengukuran Nilai Kalor

4.1 Kapasitas Kalor Bom Kalorimeter

Asam benzoat

- ditimbang 1 g tablet ke dalam mangkuk sampel dalam bom
- dipasang kawat pemanas sepanjang 10 cm pada kedua elektrode (kawat menyentuh sampel)
- ditutup rapat bom
- diisi bom perlahan dengan gas O₂ hingga tekanan manometer 20 atm
- diisi 2 L air dalam ember kalorimeter
- diatur suhu dalam ember $\pm 1,5$ °C di bawah suhu kamar
- dimasukkan ember ke dalam kalorimeter
- diletakkan bom ke dalam ember
- dipasang termometer

- dibiarkan kalorimeter selama 4-5 menit
- dibaca suhu air di dalam ember (T_1)
- dijalankan arus listrik untuk membakar cuplikan
- diamati suhu air tiap menit hingga dicapai nilai maksimum konstan
- dicatat suhu akhir (T_2)
- dilepaskan kawat pemanas yang tersisa
- diukur panjang kawat yang habis terbakar
- dikeluarkan bom dalam ember
- dikeluarkan gas dari dalam bom

Sisa Pembakaran dalam Bom

- dicuci bagian dalam bom menggunakan aquades
- dimasukkan hasil cucian ke dalam labu erlenmeyer
- ditambahkan 3 tetes indikator metal merah
- dititrasi dengan larutan Na_2CO_3 0,0725 N
- dicatat volume Na_2CO_3 0,0725 N yang digunakan
- dihitung kapasitas kalor kalorimeter

Hasil

4.2 Nilai Kalor Sampel Briket

Sampel Briket

- ditimbang 1 g ke dalam mangkuk sampel dalam bom
- dipasang kawat pemanas sepanjang 10 cm pada kedua elektrode (kawat menyentuh sampel)
- ditutup rapat bom
- diisi bom perlahan dengan gas O_2 hingga tekanan manometer 20 atm
- diisi 2 L air dalam ember kalorimeter
- diatur suhu dalam ember $\pm 1,5$ °C di bawah suhu kamar
- dimasukkan ember ke dalam kalorimeter
- diletakkan bom ke dalam ember
- dipasang termometer
- dibiarkan kalorimeter selama 4-5 menit
- dibaca suhu air di dalam ember (T_1)
- dijalankan arus listrik untuk membakar cuplikan
- diamati suhu air tiap menit hingga dicapai nilai maksimum konstan
- dicatat suhu akhir (T_2)
- dilepaskan kawat pemanas yang tersisa dan diukur panjangnya
- dikeluarkan bom dari dalam ember
- dikeluarkan gas dari dalam bom
- dicuci bagian dalam bom menggunakan aquades
- dimasukkan hasil cucian ke dalam labu erlenmeyer
- ditambahkan 3 tetes indikator metal merah
- dititrasi dengan larutan Na_2CO_3 0,0725 N
- dicatat volume Na_2CO_3 0,0725 N yang digunakan
- ditentukan kadar kalor sampel briket

Hasil

L.2.5 Karakterisasi Briket Arang Sesuai Standar SNI

5.1 Kadar Air

Sampel Briket

- ditimbang ± 1 g (A)
- dioven pada suhu 105°C selama 1 jam sampai berat konstan
- ditimbang kembali berat (B)
- dihitung kadar airnya (%)

Hasil

5.2 Kadar Zat Menguap

Sampel Briket

- dimasukkan hasil uji kadar air ke dalam cawan *crucible* dan ditutup
- dipanaskan dalam oven pada suhu $80-85^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam
- didinginkan hingga berat konstan
- ditimbang sampel yang tersisa (C)
- dihitung kadar zat menguapnya (%)

Hasil

5.3 Kadar Abu

Sampel Briket

- ditimbang cawan *crucible* kosong tanpa tutupnya (E)
- dimasukkan 1 g sampel ke dalam cawan
- dipanaskan dalam tanur pada suhu 500°C selama 30 menit
- dilanjutkan dengan suhu 825°C selama 30 menit
- dikeluarkan cawan dari tanur
- didinginkan hingga berat konstan
- ditimbang sampel yang tersisa beserta cawannya (D)
- dihitung kadar abunya (%)

Hasil

5.4 Kadar Karbon Terikat

Kadar Karbon Terikat

- dijumlahkan hasil kadar air (% *moisture*), kadar abu (% *ash*), dan kadar zat menguap (% *volatile matter*)
- ditentukan kadar karbon terikat dari sisa pengurangan persentase zat keseluruhan (100 %) terhadap jumlah persentase kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap
- dihitung kadarnya (%)

Hasil

L.2.6 Uji Gugus Fungsi dengan Metode Spektrofotometer *Infra Red* (IR)

Arang Teraktivasi NaOH 0,1 N

- ditimbang 10,0 mg
- digerus dengan 20,0 mg KBr dalam keadaan bebas air
- dibuat dalam bentuk lempeng KBr
- diukur serapan pelet KBr dengan IR

Spektra IR

Arang Tanpa Aktivasi

- ditimbang 10,0 mg
- digerus dengan 20,0 mg KBr dalam keadaan bebas air
- dibuat dalam bentuk lempeng KBr
- diukur serapan pelet KBr dengan IR

Spektra IR



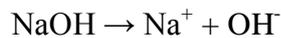
Lampiran 3. Perhitungan

L.3.1 Perhitungan Preparasi Bahan

❖ Pembuatan Larutan NaOH 0,1 N

Larutan NaOH 0,1 N sebanyak 100 mL

$$N = n \times M$$



$$n \text{ NaOH} \approx n \text{ Na}^+$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$\text{Mr NaOH} = 40 \text{ g/mol}$$

$$M = \frac{N}{n} = \frac{0,1}{1} = 0,1$$

$$M = \frac{w}{V}$$

$$M = \frac{\frac{w}{\text{Mr}}}{V}$$

$$w = M \times V \times \text{Mr}$$

$$w = 0,1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \times 40 \text{ g/mol}$$

$$w = 0,4 \text{ g}$$

Cara pembuatan larutan NaOH 0,1 N adalah ditimbang 0,4 gram NaOH p.a dan ditandabatkan dengan akuades hingga 100 mL.

❖ Pembuatan Larutan Standar Na₂CO₃ 0,0725 N

Larutan Na₂CO₃ 0,0725 N sebanyak 100 mL

$$N = n \times M$$



$$n \text{ Na}_2\text{CO}_3 \approx 2n \text{ Na}^+$$

$$\text{Mr Na}_2\text{CO}_3 = 105,94 \text{ g/mol}$$

$$M = \frac{N}{n} = \frac{0,0725}{2} = 0,03625$$

$$M = \frac{w}{V}$$

$$M = \frac{\frac{w}{\text{Mr}}}{V}$$

$$w = M \times V \times \text{Mr}$$

$$w = 0,03625 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \times 105,94 \text{ g/mol}$$

$$w = 0,384 \text{ g}$$

Cara pembuatan larutan Na₂CO₃ 0,0725 N adalah ditimbang 0,384 gram Na₂CO₃ p.a dan ditandabatkan dengan akuades hingga 100 mL.

L.3.2 Perhitungan Nilai Kalor Bakar Briket Arang

$$Q = \frac{\Delta T \cdot W - e1 - e2}{m} \longrightarrow W = \frac{H \cdot m + e1 + e2}{\Delta T}$$

Keterangan :

- W = Kesetaraan energi asam benzoat (2426 kal/°C)
- H = Panas pembakaran standar asam benzoat (6318 kal/g)
- m = Massa sampel briket (gram)
- e1 = Koreksi panas titrasi asam nitrat (1 kal/mL)
- e2 = Koreksi panas kawat pembakar (2,3 kal/cm)
- ΔT = Kenaikan suhu selama pembakaran asam benzoat (3,047 °C)

Contoh Perhitungan Nilai Kalor Terbaik
(Briket Arang Teraktivasi NaOH 0,1 N dengan Perekat Gel Tepung Beras)

$$Q = \frac{2,8573 \text{ C} \times 2426 \text{ kal/C} - 3,8 \text{ kal/mL} - 23 \text{ kal/cm}}{1 \text{ g}} = 6905,0098 \text{ kal/g}$$

L.3.3 Perhitungan Karakterisasi Standar SNI Briket

3.1 Kadar Air

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

A : Berat sampel awal tanpa cawan penguap (g)

B : Berat sampel setelah dikeringkan pada suhu 105 °C (g)

Contoh Perhitungan Nilai Kalor Terbaik
(Briket Arang Teraktivasi NaOH 0,1 N dengan Perekat Gel Tepung Beras)

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{1,0848 \text{ g} - 1,0443 \text{ g}}{1,0848 \text{ g}} \times 100\% = 3,7334 \%$$

3.2 Kadar Zat Menguap

$$\text{Kadar zat menguap (\%)} = \frac{A - C}{A} \times 100\%$$

A : Berat sampel awal tanpa *crucible* (g)

C : Berat sampel setelah dipanaskan pada suhu 80-85 °C (g)

Contoh Perhitungan Nilai Kalor Terbaik
(Briket Arang Teraktivasi NaOH 0,1 N dengan Perekat Gel Tepung Beras)

$$\text{Kadar zat menguap (\%)} = \frac{1,0856 \text{ g} - 0,9986 \text{ g}}{1,0856 \text{ g}} \times 100\% = 8,0140 \%$$

3.3 Kadar Abu

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{D - E}{A} \times 100\%$$

A : Berat sampel mula-mula tanpa *crucible* (g)

D : Berat cawan dan abu (g)

E : Berat cawan kosong (g)

Contoh Perhitungan Nilai Kalor Terbaik

(Briket Arang Teraktivasi NaOH 0,1 N dengan Perekat Gel Tepung Beras)

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel awal}} = \frac{0,0332 \text{ g}}{1,3991 \text{ g}} \times 100\% = 2,3729 \%$$

3.4 Kadar Karbon C Terikat

$$\text{Kadar karbon C terikat (\%)} = 100 - (M + V + A) \%$$

M (*moisture*) : Kadar air (%)

V (*volatile matter*) : Kadar zat menguap (%)

A (*ash*) : Kadar abu (%)

Contoh Perhitungan Nilai Kalor Terbaik

(Briket Arang Teraktivasi NaOH 0,1 N dengan Perekat Gel Tepung Beras)

$$\begin{aligned} \text{Kadar karbon C terikat (\%)} &= 100 - (3,7334 + 8,0140 + 2,3729) \% \\ &= 85,8797 \% \end{aligned}$$

Lampiran 4. Tabel Data Hasil Uji Mutu SNI





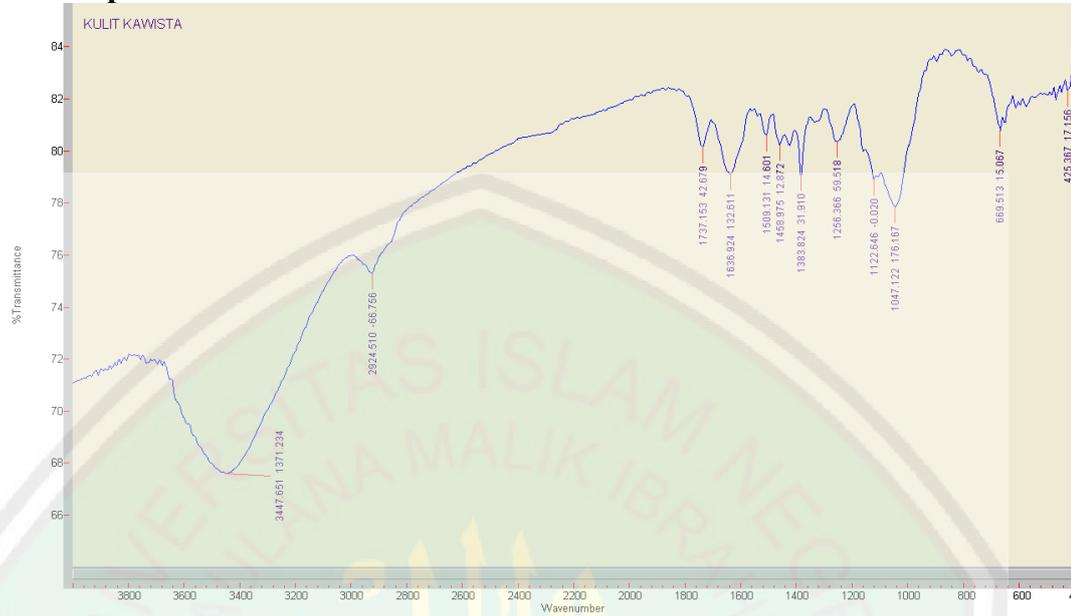
Lampiran 5. Tabel Bahan Resistivitas Tinggi

Nama Paduan	Komposisi (%)	Massa Jenis	Resistivitas ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	Koefisien Suhu ($10^5/^\circ\text{C}$)
Konstanta	60 Cu; 40 Ni	8,9	0,48.052	5,25
Kromel	0,7 Mn; 0,6 Ni; 23 s/d 27 Cr; 4,5 s/d 6,5 Al + Fe	6,9 s/d 7,3	1,3 s/d 1,5	6,5
Manganin	86 Cu; 12 Mn; 2 Ni	84	0,42 s/d 0,48	5,3
Nikrom	1,5 Mn; 75 s/d 78 Ni; 20 s/d 23 Cr; sisanya Fe	8,4 s/d 8,5	1 s/d 1,1	10 s/d 20
Fechral	0,7 Mn; 0,6 Ni; 1,2 s/d 1,5 Cr; 3,5 s/d 5 Al; sisanya Fe	7,1 s/d 7,5	1,2 s/d 1,35	10 s/d 20
Nikelin	54 Cu; 26 Ni; 20 Zn	–	0,4 s/d 0,47	23

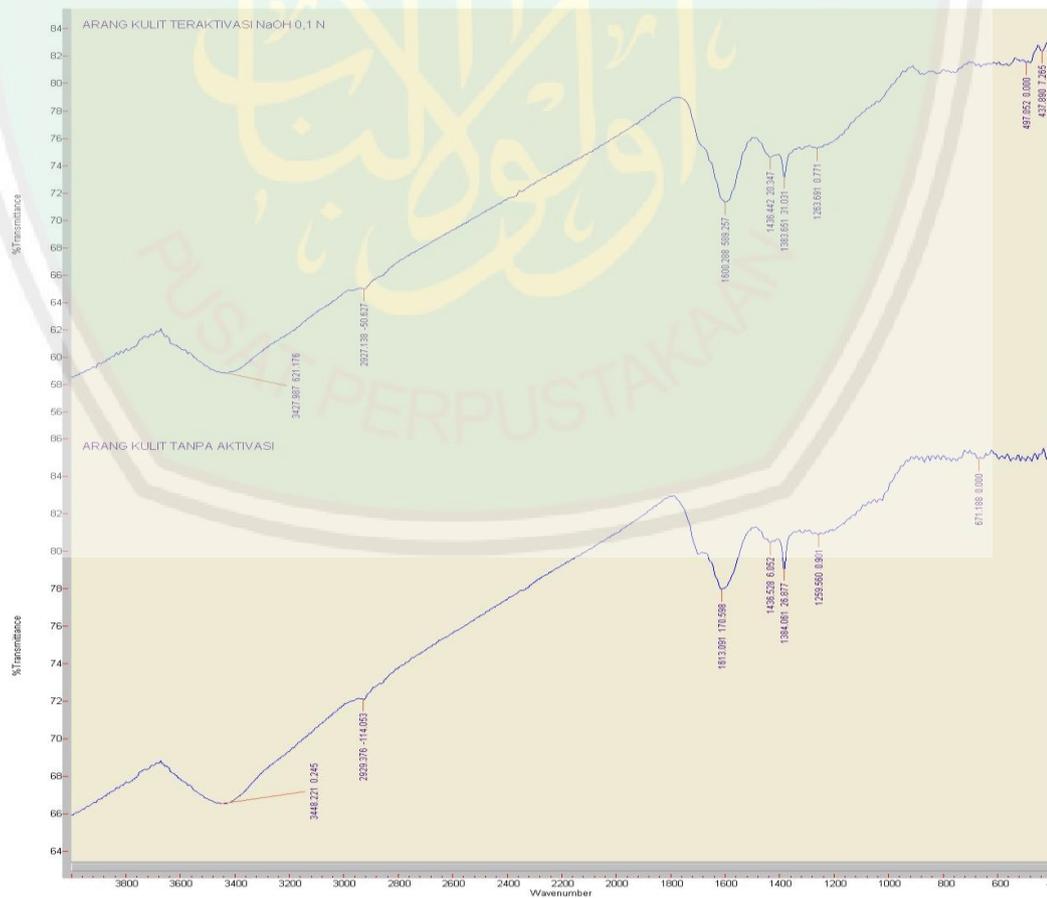
(Depdiknas, 2003)

Lampiran 6. Spektra Hasil Uji FTIR

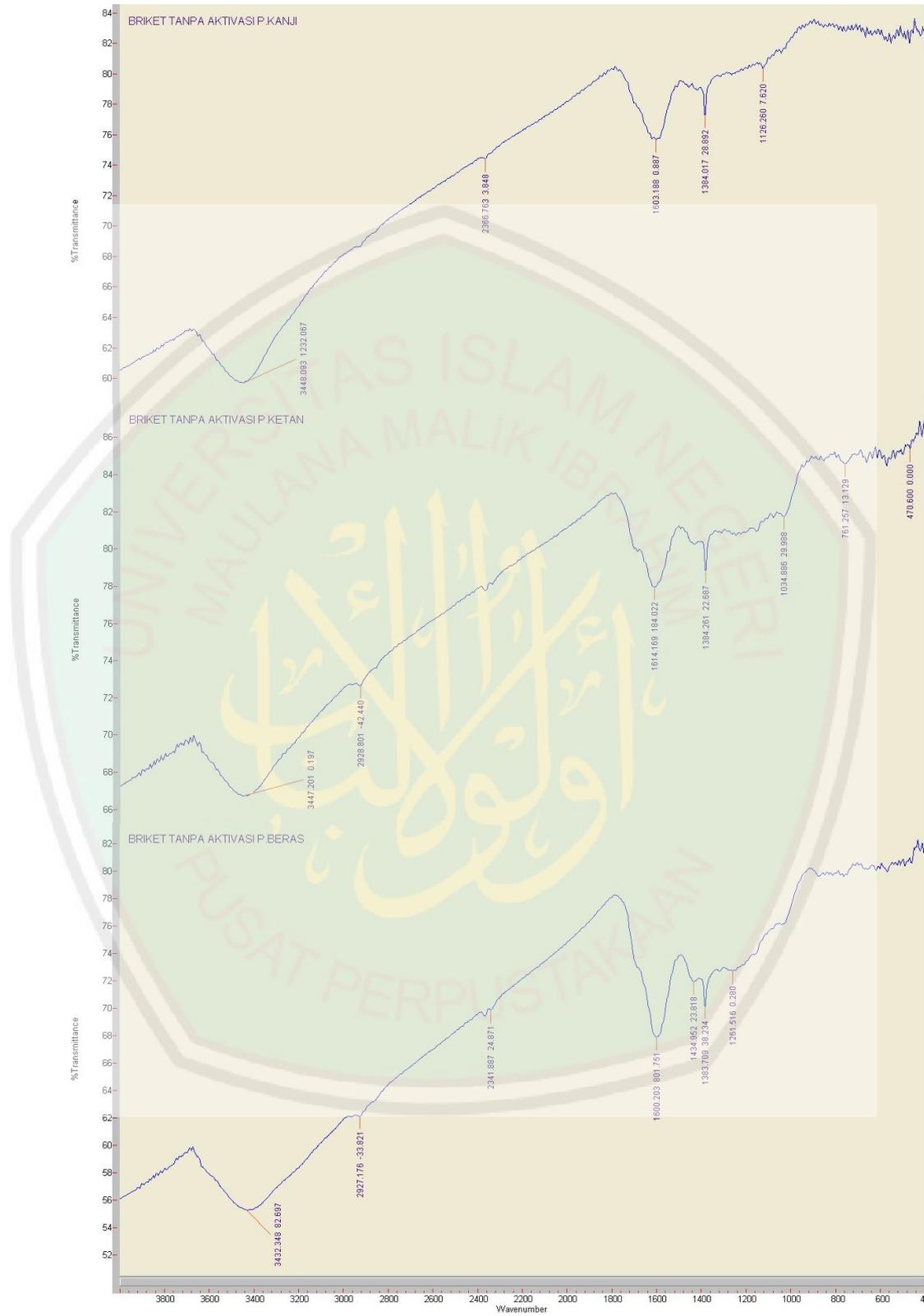
L.6.1 Spektra Kulit Kawista



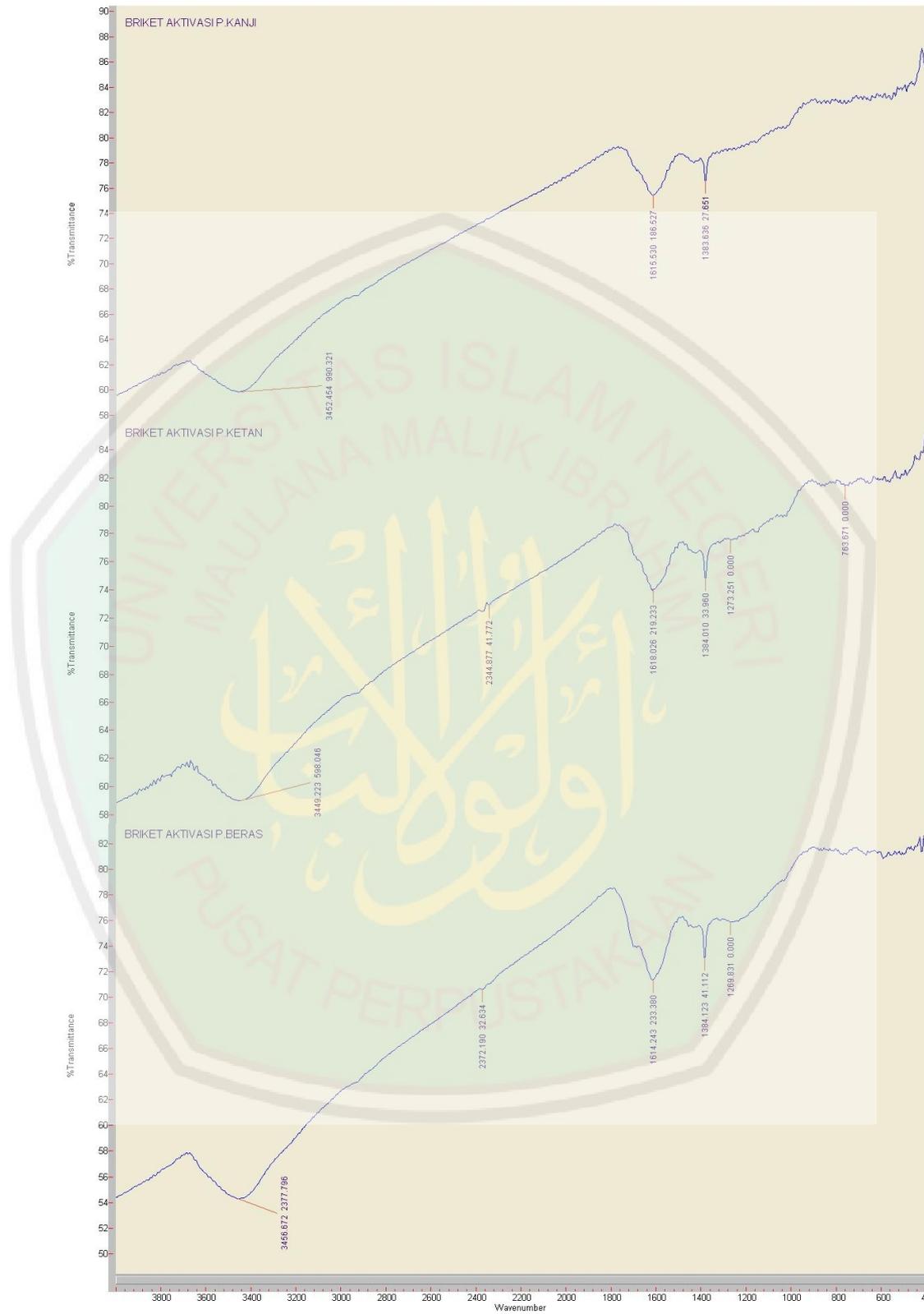
L.6.2 Spektra Arang Kulit dan Arang Kulit Teraktivasi NaOH 0,1 N



L.6.3 Spektra Briket Tanpa Aktivasi



L.6.4 Spektra Briket Teraktivasi



Lampiran 7. Dokumentasi

L.7.1 Bahan Dasar



Tempurung dan Buah Kawista



Perekat Tepung

L.7.2 Tempurung Kawista Teraktivasi NaOH 0,1 N



Perendaman Sampel

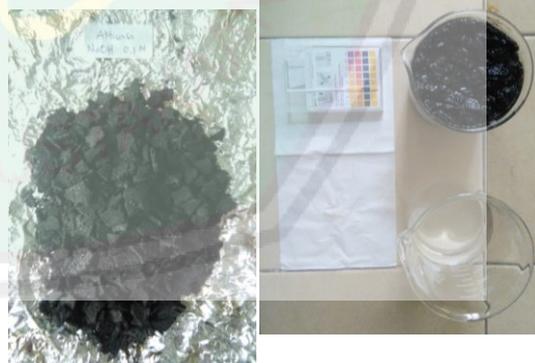


Sampel ditiriskan

L.7.3 Arang Hasil Karbonisasi 400 °C selama 1 jam



Arang Tanpa Aktivasi



Arang Teraktivasi NaOH 0,1 N dan dicuci / dinetralkan dengan aquades

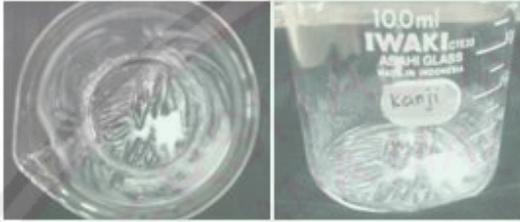
L.7.4 Pembuatan Briket Arang



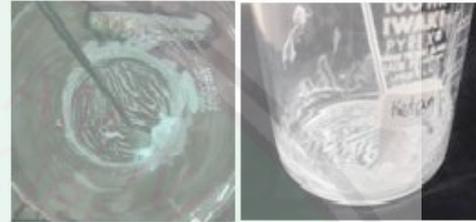
Serbuk Arang Ukuran 100 Mesh



Perekat Gel Tepung Beras



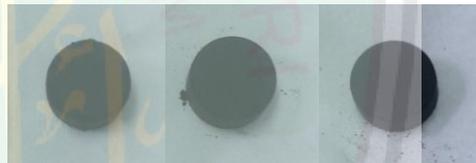
Perekat Gel Tepung Kanji (Tapioka)



Perekat Gel Tepung Ketan



Adonan Briket
(Campuran Arang dan Perekat Gel)



Briket Bentuk Silinder

L.7.5 Pengukuran Nilai Kalor Briket Arang



Standar Asam Benzoat untuk Penentuan Kapasitas Kalor *Bomb Calorimeter*



Seperangkat Alat *Parr Adiabatic Bomb Calorimeter*



Ember (*bucket*) Kalorimeter Berisi Air



Bomb



Penempatan Cawan/Mangkuk sampel pada susunan Elektrode



Kawat Pijar Nikel dipasang pada kedua Elektrode dan harus menyentuh sampel

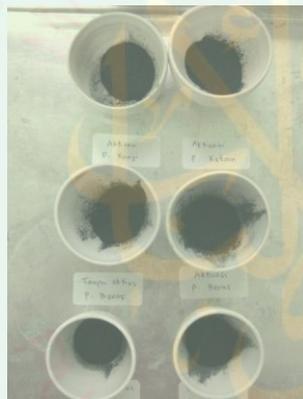


Pengisian bom dengan gas O₂
pada tekanan 20 atm



Perubahan warna titik akhir titrasi

L.7.6 Karakterisasi Briket Arang



Uji Kadar Abu Menggunakan Tanur
Suhu 500 °C Selama 30 Menit dan 850 °C Selama 30 Menit



Uji Kadar Zat Menguap Menggunakan Oven Suhu 80-85 °C Selama 1 Jam