

KARAKTERISTIK ARANG DARI PIROLISIS LIMBAH JAGUNG

(Skripsi)

Oleh

ENDAR ALBARY



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF CHARCOAL FROM CORN WASTE PYROLYSIS

BY

ENDAR ALBARY

Corn waste is agricultural waste that can be processed into raw materials that produce energy such as charcoal. To improve the quality of the biomass, it is necessary to carry out pyrolysis before turning it into charcoal, in order to produce biomass fuel with optimal combustion performance. This study aims to analyze the characteristics of biomass charcoal from corn waste and the effect of pyrolysis treatment of materials in the manufacture of charcoal from corn waste. This research was conducted in January – March 2022 at the Laboratory of Agricultural Machinery and Equipment (DAMP) and the Laboratory of Water and Land Resources Engineering (RSDAL), Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Lampung. This study used a completely randomized design (CRD) with 4 treatments, namely, T1 (temperature 300°C and time 30 minutes), T2 (temperature 350°C and time 15 minutes), T3 (temperature 400°C and time 10 minutes), and T4 (temperature 450°C and time 7 minutes). Each treatment was repeated 3 times to obtain 24 experimental samples. Parameters observed included material shrinkage, yield, water content, density (mass density and bulk density), water absorption, ash content, volatile matter, fixed carbon, and calorific value.

The results of this study indicate a significant effect on the parameters used. Material shrinkage in corn cob charcoal has an average diameter of 6.51 %, length 4.70 %, and volume 10.87 %, material shrinkage in corn stover charcoal is 1.59 % diameter, 5.00 % length, and volume 6.49 %, corn cob charcoal yield has an average of 43.07 %, corn stover charcoal yield 49.76 %, corn cob charcoal moisture content has an average of 1.16 %, corn stover charcoal moisture content 2.37 %, mass density and the bulk density of corn cob charcoal has an average of 0.063 g/cm³ and 0.0443 g/cm³, the mass density and bulk density of corn stover charcoal are 0.022 g/cm³ and 0.0255 g/cm³, the water absorption capacity of corn cob charcoal has an average of 3.71 %, corn stover charcoal water absorption is 3.58 %, corn cob charcoal ash content has an average of 7.47 %, corn stover charcoal ash content is 8.26 %, corn cob charcoal volatile matter content has an average of 0.57 %, corn stover charcoal volatile matter content 0.86 %, corn cob charcoal fixed carbon content has an average is 90.79 %, the fixed carbon content of corn stover charcoal is 88.50 %, the calorific value of corn cob charcoal has an average of 25.04 MJ/kg, and the calorific value of corn stover charcoal is 19.13 MJ/kg.

Keywords : Corn waste, charcoal, pyrolysis, temperature, time.

ABSTRAK

KARAKTERISTIK ARANG DARI PIROLISIS LIMBAH JAGUNG

OLEH

ENDAR ALBARY

Limbah jagung merupakan limbah pertanian yang dapat diolah menjadi bahan baku yang menghasilkan energi seperti arang. Untuk meningkatkan kualitas biomassa bahan perlu dilakukan pirolisis sebelum menjadi arang, agar dihasilkan bahan bakar biomassa dengan performa pembakaran yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik arang biomassa dari limbah jagung dan pengaruh perlakuan pirolisis bahan dalam pembuatan arang dari limbah jagung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2022 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (DAMP) dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan yaitu, T1 (suhu 300°C dan waktu 30 menit), T2 (suhu 350°C dan waktu 15 menit), T3 (suhu 400°C dan waktu 10 menit), dan T4 (suhu 450°C dan waktu 7 menit). Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan sehingga diperoleh 24 sampel percobaan. Parameter yang diamati meliputi penyusutan bahan, rendemen, kadar air, massa jenis (*mass density dan bulk density*), daya serap air, kadar abu, kadar zat terbang (*volatile matter*), kadar karbon (*fixed carbon*), dan nilai kalor.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap parameter yang digunakan. Penyusutan bahan pada arang tongkol jagung memiliki rerata yaitu diameter 6,51 %, panjang 4,70 %, dan volume 10,87 %, penyusutan bahan pada arang batang jagung yaitu diameter 1,59 %, panjang 5,00 %, dan volume 6,49 %, rendemen arang tongkol jagung memiliki rerata sebesar 43,07 %, rendemen arang batang jagung 49,76 %, kadar air arang tongkol jagung memiliki rerata sebesar 1,16 %, kadar air arang batang jagung 2,37 %, *mass density* dan *bulk density* arang tongkol jagung memiliki rerata sebesar 0,063 g/cm³ dan 0,0443 g/cm³, *mass density* dan *bulk density* arang batang jagung 0,022 g/cm³ dan 0,0255 g/cm³, daya serap air arang tongkol jagung memiliki rerata sebesar 3,71 %, daya serap air arang batang jagung 3,58 %, kadar abu arang tongkol jagung memiliki rerata sebesar 7,47 %, kadar abu arang batang jagung 8,26 %, kadar *volatile matter* arang tongkol jagung memiliki rerata sebesar 0,57 %, kadar *volatile matter* arang batang jagung 0,86 %, kadar *fixed carbon* arang tongkol jagung memiliki rerata sebesar 90,79 %, kadar *fixed carbon* arang batang jagung 88,50 %, nilai kalor arang tongkol jagung memiliki rerata sebesar 25,04 MJ/kg, dan nilai kalor arang batang jagung 19,13 MJ/kg.

Kata kunci : Limbah jagung, arang, pirolisis, suhu, waktu.

KARAKTERISTIK ARANG DARI PIROLISIS LIMBAH JAGUNG

Oleh

ENDAR ALBARY

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK ARANG DARI PIROLISIS
LIMBAH JAGUNG**

Nama Mahasiswa : **Endar Albary**

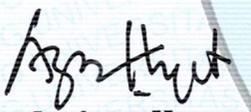
Nomor Pokok Mahasiswa : **1814071034**

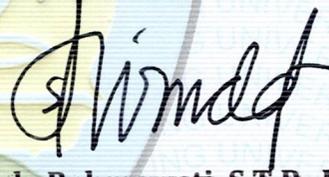
Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**


Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002


Winda Rahmawati, S.T.P., M.Si., M.Sc.
NIP 19890520 201504 2 001

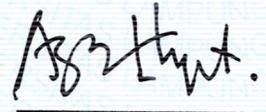
2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP 19621010 198902 1 002

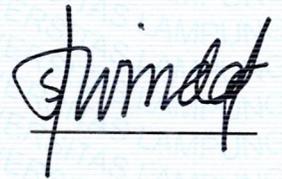
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

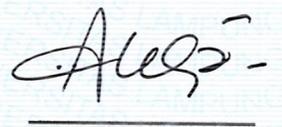
Ketua : **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



Sekretaris : **Winda Rahmawati, S.T.P., M.Si., M.Sc.**



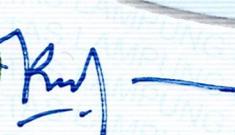
Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.**





2. Dekan Fakultas Pertanian





Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si
NIP. 19621020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **07 Juni 2022**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Endar Albary** NPM **1814071034**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing,

1) Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P. dan 2) Winda Rahmawati S.T.P., M.Si., M.Sc. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 07 Juni 2022
Yang membuat pernyataan



Endar Albary
NPM. 1814071034

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Mulya Kencana, Kabupaten Tulang Bawang Barat, pada tanggal 15 Juli 2000 anak kedua dari dua bersaudara, putra dari pasangan Bapak Jaiman dan Ibu Sarmiati. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 6 Mulya Kencana pada tahun 2006-2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 3 Tulang Bawang Tengah pada tahun 2012-2015, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Tumijajar pada tahun 2015-2018.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi di beberapa Lembaga Kemahasiswaan baik ditingkat Jurusan, Fakultas, Universitas maupun Nasional sebagai berikut :

1. Anggota Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Anggota Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI);
3. Anggota bidang Informasi dan Komunikasi Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode 2019-2020;
4. Anggota bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia PIK R RAYA Universitas Lampung Kabinet Tapis periode 2020;

5. Ketua bidang Pendidikan Sumber Daya Anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Fakultas Lembaga Studi Mahasiswa Pertanian (UKMF LS-MATA) periode 2020.

Penulis pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Fisika Dasar dan Mata Kuliah Motor Bakar dan Traktor Pertanian. Pada tanggal 2 Februari – 13 Maret 2021 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) sebagai Kordinator Desa (Kordes) selama 40 hari di Mulya Kencana, Kecamatan Tulang Bawang Tengah, Kabupaten Tulang Bawang Barat, Provinsi Lampung. Pada tanggal 02 Agustus – 03 September tahun 2021 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) selama 30 hari di Pusat Pelatihan Pertanian Pedesaan Swadaya (P4S) Bumi Alam Purba, Desa Kota Raman, Kecamatan Raman Utara, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung dengan judul “Mempelajari Pembuatan Pupuk Organik untuk Budidaya Tanaman Padi (*Oryza sativa*) dengan Sistem Minapadi di Pusat Pelatihan Pertanian Pedesaan Swadaya (P4S) Bumi Alam Purba, Desa Kota Raman, Kecamatan Raman Utara, Kabupaten Lampung Timur”. Penulis berhasil mencapai gelar Sarjana Teknik (S.T.) S1 Teknik Pertanian pada tahun 2022 dengan menghasikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Arang Dari Pirolisis Limbah Jagung”.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir perkuliahan dalam penyusunan Skripsi. Shalawat serta salam tak lupa senantiasa penulis sanjung Agungkan kepada suri tauladan seluruh umat islam Nabi Muhammad SAW semoga kita semua diakui sebagai umatnya dan mendapatkan syafaatnya di yaumul kiyamah nanti, Aamiin. Skripsi yang berjudul “**Karakteristik Arang Dari Pirolisis Limbah Jagung**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.).

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung;
3. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Dosen Komisi Pembimbing Utama dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan saran dalam perkuliahan hingga terselesaikan Skripsi ini;
4. Winda Rahmawati S.T.P., M.Si., M.Sc., selaku Dosen Komisi Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran selama proses penyusunan skripsi;
5. Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam perbaikan Skripsi ini;
6. Para Dosen dan Staf Jurusan Teknik Pertanian;

7. Bapak Jaiman dan Ibu Sarmiati, selaku orang tua yang telah memberikan segala doa, dukungan dan kasih sayangnya kepada penulis;
8. Diana Maya Lestari, yang selalu menemani penulis saat melakukan penelitian dan memberikan dukungan serta semangatnya kepada penulis;
9. Keluarga Besar Teknik Pertanian 2018.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini belum sempurna. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 07 Juni 2022

Penulis,

Endar Albary

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Hipotesis Penelitian	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Jagung	5
2.2 Limbah Jagung	6
2.3 Tongkol Jagung	7
2.4 Batang Jagung	9
2.5 Arang	9
2.6 Pirolisis.....	11
2.7 Aplikasi Arang	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	16
3.3 Rancangan Percobaan.....	16
3.4 Prosedur Penelitian.....	17
3.4.1 Penjemuran Bahan	19

3.4.2 Pemisahan Bahan	19
3.4.3 Pengeringan Bahan	19
3.4.4 Pirolisis Bahan	19
3.4.5 Pengujian Karakteristik Bahan	20
3.5 Parameter Pengamatan	20
3.5.1 Penyusutan Bahan.....	20
3.5.2 Rendemen	22
3.5.3 Kadar Air	22
3.5.4 Massa Jenis (<i>mass density</i> dan <i>bulk density</i>)	23
3.5.5 Daya Serap Air.....	23
3.5.6 Kadar Abu.....	24
3.5.7 Kadar Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>).....	24
3.5.8 Kadar Karbon (<i>Fixed Carbon</i>).....	25
3.5.9 Nilai Kalor	25
3.6 Analisis Data	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Karakteristik Bahan	27
4.2 Penyusutan Bahan	30
4.3 Rendemen	41
4.4 Kadar Air	45
4.5 Massa Jenis (<i>mass density</i> dan <i>bulk density</i>).....	49
4.6 Daya Serap Air	55
4.7 Kadar Abu	60
4.8 Kadar Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>)	65
4.9 Kadar Karbon (<i>Fixed Carbon</i>)	70
4.10 Nilai Kalor.....	73
V. KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN.....	85

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Biomassa Jagung	7
Tabel 2. Kombinasi Perlakuan RAL	17
Tabel 3. Karakteristik bahan tongkol jagung dan batang jagung.....	28
Tabel 4. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap penyusutan diameter arang tongkol jagung	33
Tabel 5. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap penyusutan diameter arang batang jagung.....	33
Tabel 6. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap penyusutan panjang arang tongkol jagung.....	33
Tabel 7. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap penyusutan panjang arang batang jagung.....	33
Tabel 8. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap penyusutan volume arang tongkol jagung.....	34
Tabel 9. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap penyusutan volume arang batang jagung.....	34
Tabel 10. Main biomass properties corn cob	39
Tabel 11. Main biomass properties corn stover	40
Tabel 12. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap rendemen tongkol jagung	42
Tabel 13. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap rendemen batang jagung	43
Tabel 14. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap kadar air arang tongkol jagung	47
Tabel 15. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap kadar air arang batang jagung .	47
Tabel 16. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap massa jenis arang tongkol jagung	52

Tabel 17. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap massa jenis arang batang jagung	52
Tabel 18 Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap bulk density arang tongkol jagung	52
Tabel 19. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap bulk density arang batang jagung	53
Tabel 20. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap daya serap air arang tongkol jagung	58
Tabel 21. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap daya serap air arang batang jagung	58
Tabel 22. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap kadar abu arang tongkol jagung	62
Tabel 23. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap kadar abu arang batang jagung	62
Tabel 24. Ash properties corn cob	64
Tabel 25. Ash properties corn stover	64
Tabel 26. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap volatile matter arang tongkol jagung	67
Tabel 27. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap volatile matter arang batang jagung	67
Tabel 28. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap fixed carbon arang tongkol jagung	71
Tabel 29. Uji Anova pengaruh pirolisis terhadap fixed carbon arang batang jagung	71
Tabel 30. Penyusutan arang tongkol jagung	86
Tabel 31. Lanjutan penyusutan arang tongkol	86
Tabel 32. Penyusutan arang batang jagung.....	86
Tabel 33. Lanjutan penyusutan arang batang jagung.....	87
Tabel 34. Rendemen.....	87
Tabel 35. Kadar air.....	88
Tabel 36. Massa jenis	89
Tabel 37. Bulk Density	89
Tabel 38. Daya serap air maksimal 14 hari.....	90

Tabel 39. Kadar Abu	90
Tabel 40. Kadar zat terbang (volatile matter)	91
Tabel 41. Kadar Karbon (fixed carbon)	91
Tabel 42. Nilai kalor arang tongkol jagung 300°C/30 menit	91
Tabel 43. Nilai kalor arang tongkol jagung 350°C/15 menit	92
Tabel 44. Nilai kalor arang tongkol jagung 400°C/10 menit	92
Tabel 45. Nilai kalor arang tongkol jagung 450°C/7 menit	93
Tabel 46. Nilai kalor arang batang jagung 300°C/30 menit.....	93
Tabel 47. Nilai kalor arang batang jagung 350°C/15 menit.....	94
Tabel 48. Nilai kalor arang batang jagung 400°C/10 menit.....	94
Tabel 49. Nilai kalor arang batang jagung 450°C/7 menit.....	95
Tabel 50. Nilai kalor bahan tongkol jagung.....	95
Tabel 51. Nilai kalor bahan batang jagung	96

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Tanaman Jagung.....	6
Gambar 2. Tongkol Jagung.....	8
Gambar 3. Arang.....	11
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 5. Alat furnace Vulcan D-550.....	20
Gambar 6. Grafik penyusutan diameter dan panjang arang tongkol jagung.....	31
Gambar 7. Grafik penyusutan diameter dan panjang arang batang jagung.....	31
Gambar 8. Grafik penyusutan volume arang tongkol jagung dan batang jagung.	32
Gambar 9. Uji BNT penyusutan diameter arang tongkol jagung.....	35
Gambar 10. Uji BNT penyusutan diameter arang batang jagung.....	35
Gambar 11. Uji BNT penyusutan panjang arang tongkol jagung.....	36
Gambar 12. Uji BNT penyusutan panjang arang batang jagung.....	36
Gambar 13. Uji BNT penyusutan volume arang tongkol jagung.....	37
Gambar 14. Uji BNT penyusutan volume arang batang jagung.....	37
Gambar 15. Grafik rendemen tongkol jagung dan batang jagung.....	42
Gambar 16. Uji BNT rendemen tongkol jagung.....	43
Gambar 17. Grafik kadar air arang tongkol jagung dan batang jagung.....	46
Gambar 18. Uji BNT kadar air arang tongkol jagung.....	48
Gambar 19. Uji BNT kadar air arang batang jagung.....	48
Gambar 20. Grafik massa jenis arang tongkol jagung dan batang jagung.....	50
Gambar 21. Grafik bulk density arang tongkol jagung dan batang jagung.....	51
Gambar 22. Uji BNT massa jenis arang tongkol jagung.....	53
Gambar 23. Uji BNT bulk density arang tongkol jagung.....	54
Gambar 24. Uji BNT bulk density arang batang jagung.....	54

Gambar 25. Grafik daya serap air maksimal.....	56
Gambar 26. Grafik daya serap air arang tongkol jagung	57
Gambar 27. Grafik daya serap air arang batang jagung.....	57
Gambar 28. Uji BNT daya serap air arang tongkol jagung.....	59
Gambar 29. Uji BNT daya serap air arang batang jagung	59
Gambar 30. Grafik kadar abu arang tongkol jagung dan batang jagung	61
Gambar 31. Uji BNT kadar abu arang tongkol jagung	63
Gambar 32. Uji BNT kadar abu arang batang jagung.....	63
Gambar 33. Grafik volatile matter arang tongkol jagung dan batang jagung.....	66
Gambar 34. Uji BNT volatile matter arang tongkol jagung.....	68
Gambar 35. Uji BNT volatile matter arang batang jagung	68
Gambar 36. Grafik fixed carbon arang tongkol jagung dan batang jagung	70
Gambar 37. Uji BNT fixed carbon arang batang jagung	72
Gambar 38. Grafik nilai kalor arang tongkol jagung	74
Gambar 39. Grafik nilai kalor arang batang jagung.....	75
Gambar 40. Penyiapan dan penjemuran bahan	97
Gambar 41. Pengukuran panjang awal tongkol jagung	97
Gambar 42. Pengukuran diameter awal tongkol jagung	97
Gambar 43. Pengukuran panjang awal batang jagung	98
Gambar 44. Pengukuran diameter awal batang jagung.....	98
Gambar 45. Bahan tongkol jagung dan batang jagung sebelum di pirolisis.....	98
Gambar 46. Pembungkusan alumunium foil sebelum pirolisis bahan.....	99
Gambar 47. Pirolisis bahan	99
Gambar 48. Hasil pirolisis arang tongkol jagung	99
Gambar 49. Hasil pirolisis arang batang jagung	100
Gambar 50. Pengukuran penyusutan bahan tongkol jagung.....	100
Gambar 51. Pengukuran penyusutan bahan batang jagung	100
Gambar 52. Pengovenan bahan untuk kadar air.....	101
Gambar 53. Pengukuran massa jenis arang tongkol jagung	101
Gambar 54. Pengukuran massa jenis arang batang jagung	101
Gambar 55. Daya serap air arang tongkol jagung dan batang jagung	102
Gambar 56. Pengabuan bahan.....	102

Gambar 57. Pengukuran volatile matter.....	102
Gambar 58. Hasil volatile matter	103
Gambar 59. Bomb calorimeter	103
Gambar 60. Pengukuran nilai kalor	103

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan pemanfaatan limbah merupakan upaya yang saat ini dilakukan untuk mengubah limbah menjadi produk yang dapat dimanfaatkan dan juga bernilai ekonomis. Indonesia sebagai negara agraris menyumbang potensi limbah pertanian terbesar yang dapat diolah, seperti jerami, sekam padi, ampas tebu, limbah jagung, batang singkong dan limbah pertanian lainnya. Diantara limbah tersebut, limbah jagung berpotensi untuk diolah menjadi sumber energi alternatif terbarukan.

Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman hasil perkebunan yang tersebar dan banyak dijumpai di Indonesia, hal ini disebabkan tanaman jagung termasuk sumber makanan pokok kedua setelah padi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2015 tanaman jagung memiliki luasan panen berkisar 3,86 juta hektar dengan produksi jagung nasional mencapai 19,8 juta ton, dan mengalami kenaikan sebesar 830.000 ton dari produksi tahun 2014 yaitu sebesar 19 juta ton (Kementerian Pertanian, 2015). Data diatas menunjukkan peningkatan hasil produksi jagung yang menunjukkan banyaknya limbah tanaman jagung juga. Limbah jagung terdiri dari tongkol jagung, batang jagung, kulit jagung, daun jagung, dan kelopak daun.

Limbah jagung merupakan hijauan tersisa setelah hasil pemanenan jagung. Limbah jagung dengan limbah yang paling banyak adalah batang jagung dengan tingkat pencernaan yang rendah. Sedangkan kulit jagung merupakan limbah dengan jumlah partikel terkecil namun memiliki pencernaan yang tinggi dibanding dengan limbah jagung lainnya.

Limbah tanaman jagung jika dibiarkan dapat menyebabkan limbah baru yang berdampak buruk pada lingkungan. Maka dari itu perlunya pengolahan limbah menjadi produk baru, bagian dari limbah jagung yang dapat dimanfaatkan adalah limbah tongkol jagung, dan batang jagung. Limbah tongkol jagung, dan batang jagung masih belum banyak yang dimanfaatkan dan apabila tidak diolah dengan baik akan menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan karena belum terdegradasi (Putra, 2019).

Tongkol jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang berpotensi untuk dijadikan arang, karena limbah tersebut sangat banyak dan belum dimanfaatkan. Tongkol jagung ini juga mengandung kadar unsur karbon 43,42% dan hidrogen 6,32% dengan nilai kalornya berkisar antara 14,7-18,9 MJ/kg. Selama ini masyarakat cenderung memanfaatkan limbah tongkol jagung hanya sebagai bahan pakan ternak, bahan bakar atau hanya akan menjadi limbah (Muthmainnah, 2012).

Pemanfaatan limbah batang tanaman jagung sebagai sumber selulosa dapat meningkatkan nilai guna limbah hasil pertanian. Batang tanaman jagung mengandung selulosa 42,6%, hemiselulosa 21,3%, dan lignin 8,2% sehingga potensi limbah batang tanaman jagung yang tinggi tersebut berpeluang sebagai salah satu alternatif sumber selulosa untuk berbagai kebutuhan industri. Batang tanaman jagung merupakan salah satu biomassa limbah pertanian yang belum dimanfaatkan dengan baik. Salah satu pemanfaatan batang tanaman jagung adalah sebagai pakan ternak, bahan bakar, dan kompos (Sarkar, 2012).

Dalam upaya pemanfaatan limbah jagung agar mempunyai nilai tambah dan tidak mencemari lingkungan, upaya yang dapat dilakukan yaitu mengkonversi limbah jagung menjadi arang. Arang diproses secara fisika atau kimia sehingga mempunyai adsorpsi atau daya serap yang tinggi. Arang dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon. Limbah tongkol jagung berpotensi dijadikan arang karena memiliki kandungan senyawa karbon yang cukup tinggi, yaitu 40% selulosa, 36% hemiselulosa dan 16% lignin yang mengindikasikan bahwa tongkol jagung berpotensi sebagai bahan pembuat arang (Aisiyah, 2016).

Pemanfaatan potensi biomassa limbah pertanian yaitu limbah jagung sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, perlu ditingkatkan kualitas arang agar dihasilkan bahan bakar biomassa dengan performa pembakaran yang optimal. Sehingga diperlukan metode thermal untuk mengetahui karakteristik dari biomassa limbah jagung untuk meningkatkan kualitas arang, salah satu metode thermal yang digunakan adalah pirolisis.

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi termokimia yang terjadi bahan organik (*biomassa*) melalui proses pemanasan dengan menggunakan sedikit atau tanpa oksigen dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis dilakukan di dalam sebuah reaktor pada temperatur hingga 300-500 °C. Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu arang (*char*), asap cair (*bio-oil*) dan gas (Setiawan, 2016). Arang yang dihasilkan merupakan bahan bakar bernilai kalori tinggi yang digunakan sebagai karbon aktif. Keadaan ini juga sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Suhu pirolisis untuk mereduksi limbah dicapai secara optimal pada suhu diatas 300°C. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pirolisis yaitu kadar air, ukuran partikel, temperatur, waktu, bahan, dan tipe pirolisis (Zulkania, 2016).

Berdasarkan uraian diatas, pengujian karakteristik dalam pembuatan arang dengan proses pirolisis bahan diharapkan mampu menjadi solusi keterbatasan energi, meningkatkan kualitas arang, dan mengetahui karakteristik arang yang dihasilkan dari proses pirolisis dengan memanfaatkan biomassa limbah jagung. Oleh karena itu diperlukan penelitian uji karakteristik arang melalui proses pirolisis yang dihasilkan dari limbah jagung.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh perlakuan pirolisis dalam pembuatan arang dari limbah jagung?
2. Bagaimana karakteristik arang yang baik dari limbah jagung?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis karakteristik arang biomassa dari limbah jagung.
2. Menganalisis pengaruh perlakuan pirolisis bahan dalam pembuatan arang dari limbah jagung.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai karakteristik arang dari limbah jagung dan memberikan informasi pembuatan serta kualitas arang yang baik dari proses pirolisis dengan berbagai variasi suhu dan lama waktu yang tepat.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah suhu dan waktu pirolisis berpengaruh terhadap karakteristik dan kualitas arang limbah jagung.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Biomassa yang digunakan hanya limbah tongkol jagung dan batang jagung.
2. Menggunakan metode thermal pirolisis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan tanaman berumah satu *Monoecious* di mana letak bunga jantan terpisah dengan bunga betina pada satu tanaman. Tanaman jagung juga termasuk tanaman C4 yang mampu beradaptasi dengan baik pada faktor-faktor hasil dan pembatas pertumbuhan. Sistem perakaran jagung terdiri dari akar-akar yang tumbuh ke bawah pada saat biji berkecambah, akar koronal yang tumbuh ke atas dari jaringan batang setelah plumula muncul, dan akar udara yang tumbuh di atas permukaan tanah. Batang jagung beruas-ruas berjumlah 10 – 40 ruas, panjang batang berkisar 60 – 300 cm tergantung varietas jagungnya. Daun tanaman C4 ini memiliki panjang berkisar 30 – 150 cm dan lebar 4 -15 cm dengan tulang daun yang cukup keras. Daun tanaman C4 sebagai penghasil fotosintat yang didistribusikan, dan memiliki sel-sel pembuluh yang mengandung klorofil. Sel ini didalamnya terjadi dekarboksilasi malat dan aspartat yang menghasilkan CO₂ yang memasuki siklus Calvin membentuk pati dan sukrosa (Effendi, 2012).

Ditinjau dari kondisi lingkungan, tanaman C4 teradaptasi pada terbatasnya banyak faktor seperti intensitas radiasi surya tinggi dengan suhu siang dan malam tinggi, curah hujan rendah dengan cahaya musiman tinggi disertai suhu tinggi, serta kesuburan tanah yang relatif rendah. Sifat menguntungkan dari jagung sebagai tanaman C4 antara lain aktivitas fotosintesis pada keadaan normal yang relatif tinggi, fotorespirasi dan transpirasi yang rendah serta efisien dalam penggunaan air. Sifat-sifat tersebut merupakan sifat anatomis dan fisiologis yang menguntungkan dalam kaitannya dengan hasil (Bilman, 2011).



Gambar 1. Tanaman Jagung

Kedudukan tanaman jagung dalam taksonomi adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Liliopsida*
Subkelas : *Commelilidae*
Ordo : *Tripsaceae*
Famili : *Poaceae*
Sub-famili : *Panicoideae*
Genus : *Zea*
Spesies : *Zea mays L.*

Semua tipe tanaman jagung secara umum mempunyai 10 pasang kromosom. Jagung mempunyai 10 kromosom didalam sel-sel reproduktif (*haploid*), 20 kromosom didalam sel-sel somatik (*diploid*) dan 30 kromosom didalam sel-sel endosperm (*triploid*) (Bilman, 2011).

2.2 Limbah Jagung

Limbah jagung adalah seluruh bagian tanaman jagung yang tidak dipakai atau diambil sebagai makanan pokok, seperti tongkol jagung, batang jagung, kulit jagung, daun kering, dan kelopak daun. Total berangkasan dari satu tanaman jagung mempunyai nilai sebesar 90% dari berat keseluruhan satu tanaman jagung.

Limbah tanaman jagung biasa disebut juga dengan limbah lignoselulosik. Lignoselulosa mempunyai tiga komponen utama, yaitu terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selain itu, terdapat beberapa komponen minor yang dapat ditemukan pada lignoselulosa, seperti abu, protein, dan pektin. Kadar ketiga komponen minor pada lignoselulosa tersebut berbeda-beda sesuai dengan sumber lignoselulosa nya (Muhadjir, 2008).

Limbah batang dan daun jagung kering memiliki potensi energi sebesar 66,35 GJ dengan konversi nilai kalori 4,370 kkal/kg. Energi tongkol jagung dapat dihitung dengan menggunakan nilai Residue to Product Ratio (RPR) tongkol jagung yaitu 0,27 (pada kadar air 7,53%) dan nilai kalori 4,451 kkal/kg, sehingga potensi energi tongkol jagung adalah 55,75 GJ. Limbah tanaman jagung mengandung 15% lignin, 45% selulosa, dan 35% hemiselulosa, serta dapat menghasilkan 0,24 liter bioetanol tiap kg biomassa jagung (Koswara, 2011).

Tabel 1. Komposisi Biomassa Jagung

Biomassa Jagung	Jumlah (kg/ha)	Persentase (%)
Jagung Pipil	5.421	64,17
Tongkol Jagung	1.007,5	11,93
Batang Jagung	863,9	10,23
Kulit Jagung	472,4	5,59
Daun Jagung	672,4	7,96
Jenjet	10,0	0,12
Total	8.447,2	100

(Yuliana, 2020).

2.3 Tongkol Jagung

Tongkol jagung merupakan tempat pembentukan penyimpanan makanan sebagai pertumbuhan biji yang berkembang diantara ruas-ruas tanaman jagung (Koswara, 2011). Komposisi kimia tongkol jagung terdiri atas 35,5% serat, 2,5% protein, 0,12% kalsium, 0,04% fosfor dan zat-zat lainnya sebesar 38,16%. Tongkol jagung

mengandung senyawa berupa lignin, selulosa dan hemiselulosa. Kandungan lignin pada tongkol jagung sebesar 20,3%, hemiselulosa 31,7% dan selulosa 34,7%. Seringkali tongkol jagung ini dibuang atau dibakar yang menyebabkan penumpukan sampah dan mencemari lingkungan (Cruz et al., 2000).

Kandungan hemiselulosa terbesar pada tongkol jagung adalah xilan (Kulkarni et al., 2009). Xilan sebagai komponen sel memegang peranan penting pada proses degradasi biomassa tanaman dan siklus karbon di alam. Kandungan xilan pada tongkol jagung lebih tinggi dibanding sekam, bekatul, ampas pati, dan onggok (Richana et al., 2014).

Pemanfaatan tongkol jagung menjadi sumber energi dengan merubah bahan menjadi biomassa melalui proses gasifikasi menjadi bahan bakar. Satu liter BBM dapat digantikan dengan 4 - 8 kg tongkol jagung sedangkan 1 kW listrik bisa diproduksi dari 1,2 - 0,2 kg/jam tongkol jagung (Ardiansyah, 2009). Limbah tanaman jagung yaitu tongkol jagung, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dengan proses *biomass refining* berdasarkan sparasi fraksi-fraksi kimianya (Shofiyanto, 2008).



Gambar 2. Tongkol Jagung

2.4 Batang Jagung

Tanaman jagung mempunyai batang yang tidak bercabang, berbentuk silindris, dan terdiri atas sejumlah ruas dan buku ruas. Pada buku ruas terdapat tunas yang berkembang menjadi tongkol. Dua tunas teratas berkembang menjadi tongkol yang produktif. Batang memiliki tiga komponen jaringan utama, yaitu kulit, jaringan pembuluh, dan pusat batang. Jaringan pembuluh tertata dalam lingkaran konsentris dengan kepadatan jaringan yang tinggi, dan lingkaran menuju perikarp dekat epidermis. Kepadatan jaringan berkurang begitu mendekati pusat batang. Konsentrasi jaringan pembuluh yang tinggi di bawah epidermis menyebabkan batang tahan rebah. Genotipe jagung yang mempunyai batang kuat memiliki lebih banyak lapisan jaringan sklerenkim ber dinding tebal di bawah epidermis batang dan sekeliling jaringan pembuluh. Terdapat variasi ketebalan kulit antar genotipe yang dapat digunakan untuk seleksi toleransi tanaman terhadap rebah batang (Paliwal, 2000).

Batang tanaman jagung beruas-ruas dengan jumlah ruas antara 10-40 ruas. Tanaman jagung umumnya tidak bercabang. Tinggi tanaman jagung berkisar antara 1,5 m-2,5 m dan terbungkus pelepah daun yang berselang-seling yang berasal dari setiap buku, dan buku batang tersebut mudah dilihat. Ruas bagian atas batang berbentuk silindris dan ruas bagian bawah batang berbentuk bulat agak pipih (Dongoran, 2009).

2.5 Arang

Arang merupakan karbon hitam yang biasanya dihasilkan dengan membakar biomassa yang diperoleh dari pemanasan atau pembakaran kayu, sampah atau benda padat lainnya. Arang berwarna hitam, ringan, mudah dihancurkan, mirip dengan batubara, terdiri dari 85% hingga 98% karbon, dan sisanya adalah bahan kimia lainnya. Karakteristik arang meliputi nilai kalor, kadar abu, dan kadar air. Interaksi suhu dan waktu pirolisis berpengaruh nyata terhadap rendemen tar dan arang. Proses ini juga dipengaruhi oleh bahan biomassa, karena akan menentukan

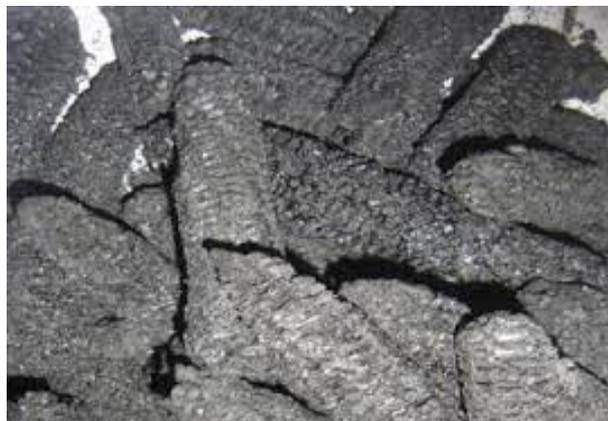
kualitas karbon yang dihasilkan, seperti kekerasan dan komposisi kimia lainnya (Siti et al., 2014).

Arang aktif adalah padatan yang mengandung 85-95% karbon, yang dibuat dari bahan yang mengandung karbon melalui pemanasan suhu tinggi atau aktivasi komposisi kimia (penggerak). Arang aktif merupakan senyawa karbon amorf yang terutama tersusun atas karbon bebas. Luas permukaan bagian dalamnya antara 300-3.500 m²/g. Hal ini terkait dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif memiliki daya serap. Penyerapan (absorpsi) arang aktif biasanya tergantung pada jumlah senyawa karbon bebas pada kisaran 85-95%. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa tertentu, dan daya serap karbon aktif sangat besar yaitu mencapai 25-1000% dari berat karbon aktif (Sembiring et al., 2003).

Tongkol jagung merupakan salah satu bahan baku berkualitas tinggi yang digunakan sebagai karbon aktif. Karbon aktif dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu jenis pemutih karbon aktif dan sebagai penyerap uap. Karbon aktif yang digunakan sebagai bahan pemutih biasanya berbentuk serbuk yang sangat halus (*powder*) dengan ukuran pori hingga 1000 mikron. Dalam fase cair, digunakan untuk menghilangkan zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diinginkan, dan untuk melepaskan pelarut dari zat pengganggu. Karbon aktif yang digunakan sebagai penyerap uap umumnya berbentuk butiran (*granular*) atau pelat yang sangat keras, dengan ukuran pori berkisar antara 10-200Å. Pada dasarnya, karbon aktif dapat dibuat dari bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuhan, limbah, atau mineral yang mengandung karbon, antara lain tulang, kayu, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas tebu, serbuk gergaji, dan batu bara (Sembiring et al., 2003).

Prinsip pembuatan arang aktif adalah proses karbonasi, yaitu proses pembentukan tongkol jagung menjadi arang, kemudian diaktifasi dengan bahan-bahan kimia seperti NaOH, ZnCl₂, asam-asam anorganik misalnya asam sulfat dan asam fosfat, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, dan fosfat. Proses aktifasi ini bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau

mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat baik fisika maupun kimia sehingga permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sudrajat et al., 2011).



Gambar 3. Arang

2.6 Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi termokimia yang terjadi bahan organik (*biomassa*) melalui proses pemanasan dengan menggunakan sedikit atau tanpa oksigen. Pirolisis dilakukan di dalam sebuah reaktor pada temperatur hingga 300-500 °C. Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu arang (*char*), asap cair (*bio-oil*) dan gas (Setiawan, 2016). Arang yang dihasilkan merupakan bahan bakar bernilai kalor tinggi yang digunakan sebagai karbon aktif. Keadaan ini juga sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Suhu pirolisis untuk mereduksi limbah dicapai secara optimal pada suhu diatas 300°C. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pirolisis yaitu kadar air, ukuran partikel, temperatur, waktu, bahan, dan tipe pirolisis (Zulkania, 2016).

Pirolisis berjalan tanpa adanya oksigen atau dengan oksigen dalam jumlah terbatas. Contohnya pembakaran parsial dengan oksigen terbatas yang bertujuan untuk menyediakan energi panas yang dibutuhkan oleh proses pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal dari biomassa menjadi fasa gas, cair, dan padat. Pirolisis terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Torefaksi atau pirolisis ringan
2. Pirolisis lambat
3. Pirolisis cepat

Pirolisis dapat digunakan untuk konversi limbah biomassa menjadi bahan bakar cair yang berguna. Pirolisis merupakan reaksi endotermik. Pada proses pirolisis, molekul hidrokarbon besar dari biomassa dipecah menjadi molekul hidrokarbon yang lebih kecil. Pirolisis cepat, umumnya memproduksi bahan bakar cair atau biooil sedangkan pirolisis lambat menghasilkan beberapa gas dan arang padat. Torefaksi merupakan proses pemanasan biomassa pada temperatur 230°C hingga 300°C tanpa kontak dengan oksigen. Struktur kimia dari biomassa diubah dan menghasilkan karbon dioksida, karbon monoksida, air, asam asetat dan metanol. Torefaksi meningkatkan kerapatan energi dari biomassa. Torefaksi juga sangat mengurangi berat dan sifat higroskopis dari biomassa, sehingga biaya transportasi berkurang dan nilai ekonomi biomassa untuk produksi energi meningkat (Basu, 2010).

Faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi proses pirolisis adalah :

1. Waktu

Waktu berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena, semakin lama waktu proses pirolisis dengan waktu tak hingga (τ) yaitu waktu yang diperlukan sampai hasil padatan residu, tar, dan gas mencapai konstan. Nilai τ dihitung sejak proses isothermal berlangsung. Tetapi jika melebihi waktu optimal maka karbon akan teroksidasi oleh oksigen (terbakar), menjadi karbondioksida dan abu. Untuk itu pada proses pirolisis penentuan waktu optimal sangatlah penting. Dengan mengambil anggapan bahwa reaksi dekomposisi berlangsung secara progresif atau seragam pada seluruh partikel.

2. Suhu

Suhu sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan karena sesuai dengan persamaan Arrhenius, suhu makin tinggi nilai konstanta dekomposisi termal makin besar akibatnya laju pirolisis bertambah dan konversi naik.

3. Kadar Air

Adanya air dalam bahan yang dipirolisis mempengaruhi proses pirolisis karena kadar air dalam bahan akan menggunakan energi untuk menghilangkan kandungan air. Energi dari luar yang seharusnya digunakan untuk proses pirolisis digunakan sebagian untuk proses pengeringan kadar air bahan.

Akibatnya bahan dengan kandungan air yang tinggi membutuhkan energi yang tinggi untuk proses pirolisis atau dengan kata lain pada energi yang sama bahan dengan kadar air tinggi menghasilkan gas yang lebih sedikit dari pada bahan dengan kadar air rendah.

4. Ukuran Partikel

Ukuran partikel berpengaruh terhadap hasil, semakin besar ukuran partikel.

Luas permukaan per satuan berat semakin kecil, sehingga proses akan menjadi lambat.

5. Beban Proses

Semakin banyak bahan yang dimasukkan, menyebabkan hasil bahan bakar cair (*tar*) dan arang meningkat (Ramadhan et al., 2012).

Keuntungan dari proses pirolisis adalah mengurangi volume limbah di lingkungan, menghasilkan fraksi cair, padat, dan gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar dan bahan kimia (*chemical feed stock*), sehingga mengurangi masalah lingkungan. Proses pirolisis dapat dilakukan dengan dan tanpa katalis.

Keuntungan pada pirolisis dengan katalis yaitu katalis menurunkan fraksi cair dan meningkatkan fraksi gas. Katalis yang pada proses pirolisis berfungsi untuk menurunkan temperatur reaksi, mempercepat reaksi, serta menghasilkan produk dengan karbon atom yang lebih spesifik dan hidrokarbon yang ringan. Proses pirolisis juga dapat mereduksi gas buang hingga 20 kali. Disisi lain, produk pirolisis dapat dimanfaatkan lebih fleksibel dan penanganannya lebih mudah. Sedangkan kekurangan proses pirolisis yaitu tidak efisien pada pembuatan reaktor dalam skala besar, hal ini diakibatkan oleh terjadinya bubbling, channelling, dan kurang ekonomis sehingga masih menyisakan residu (Zulkania, 2016).

2.7 Aplikasi Arang

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang memiliki nilai kalori yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai bahan bakar dengan sedikit asap.

Selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai arang aktif, pembenah tanah, dan adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktif faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia (Fauziah, 2009)

Tongkol jagung memiliki kandungan senyawa karbon yang cukup tinggi, yaitu selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%) yang cukup tinggi yang mengindikasikan bahwa tongkol jagung berpotensi sebagai bahan pembuat arang aktif. Arang aktif dari tongkol ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya mempunyai potensi yang baik sebagai adsorben karena kandungan karbonnya lebih besar dari pada kadar abunya, mudah dibuat, murah, bahan bakunya mudah didapat dan melimpah, mudah digunakan, aman, dan tahan lama (Sidiq, 2014)

Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorbsinya dengan melakukan proses karbonasi dan aktivasi. Pada proses tersebut terjadi penghilangan hidrogen, gas - gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Pada umumnya karbon aktif dibuat melalui proses dengan penambahan bahan-bahan kimia. Jenis-jenis bahan kimia yang digunakan sebagai aktivator adalah hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dan logam alkali tanah seperti $ZnCl_2$, $NaOH$, H_3PO_4 , dan uap air pada suhu tinggi (Fauziah, 2009).

Arang aktif adalah jenis karbon yang memiliki daya serap yang baik untuk anion, kation dan molekul senyawa organik dan anorganik, baik dalam bentuk larutan maupun gas. Beberapa bahan yang banyak mengandung karbon, terutama yang berpori, dapat digunakan untuk membuat karbon aktif. Pembuatan arang aktif dilakukan melalui proses aktivasi arang dalam alat penyuling melalui cara fisik atau kimia. Perbedaan bahan baku yang digunakan dan metode aktivasi akan menyebabkan perbedaan sifat dan kualitas karbon aktif (Sidiq, 2014).

Arang aktif digunakan dalam bidang industri (pengolahan air, makanan dan minuman, rokok, bahan kimia, sabun, lulur, sampo, cat dan perekat, masker, peralatan pendingin, mobil), kesehatan (penyerapan racun dalam saluran pencernaan dan obat-obatan), lingkungan (penyerapan logam dalam air limbah, penyerapan residu pestisida dalam air minum dan tanah, penyerapan gas beracun yang dipancarkan dari udara, peningkatan total karbon organik tanah, pengurangan biomassa mikroba dan akumulasi tanah) dan pertanian (meningkatkan tingkat keberhasilan reproduksi tanaman dalam kultur jaringan tanaman dan kesuburan media kultur tanaman dan mencegah busuk akar) (Sudrajat et al., 2011).

Selain itu arang juga dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah yaitu *biochar*. *Biochar* dapat dibuat dengan memanfaatkan residu biomassa pertanian salah satunya tongkol jagung dan batang jagung. *Biochar* memiliki sifat stabil yang dapat dijadikan pembenah tanah. Penggunaan *biochar* sebagai suatu alternatif sumber bahan organik segar dalam pengelolaan tanah untuk tujuan pemulihan dan peningkatan kualitas kesuburan tanah kurang optimal sehingga sekarang ini menjadi fokus perhatian penting para ilmuwan tanah dan lingkungan. Pengaplikasian *biochar* diharapkan akan dapat memberikan peningkatan kesuburan tanah khususnya dalam memenuhi kebutuhan unsur hara seperti nitrogen, serta menjaga kondisi sifat kimia tanah seperti pH, KTK, dan C-Organik tanah (Gleser, 2001).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari – Maret 2022 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (DAMP) dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tanur (*furnace*), *manual bomb calorimeter*, timbangan analitik, desikator, jangka sorong, oven, cawan porselin, aluminium foil, plastik ziplock, gunting, *stopwatch*, dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung, dan batang jagung.

3.3 Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap. Penelitian ini menggunakan perlakuan pada masing-masing bahan yaitu limbah tongkol jagung (B1), dan batang jagung (B2) sebagai berikut :

1. Pirolisis 300°C dalam waktu 30 menit (T1)
2. Pirolisis 350°C dalam waktu 15 menit (T2)
3. Pirolisis 400°C dalam waktu 10 menit (T3)
4. Pirolisis 450°C dalam waktu 7 menit (T4)

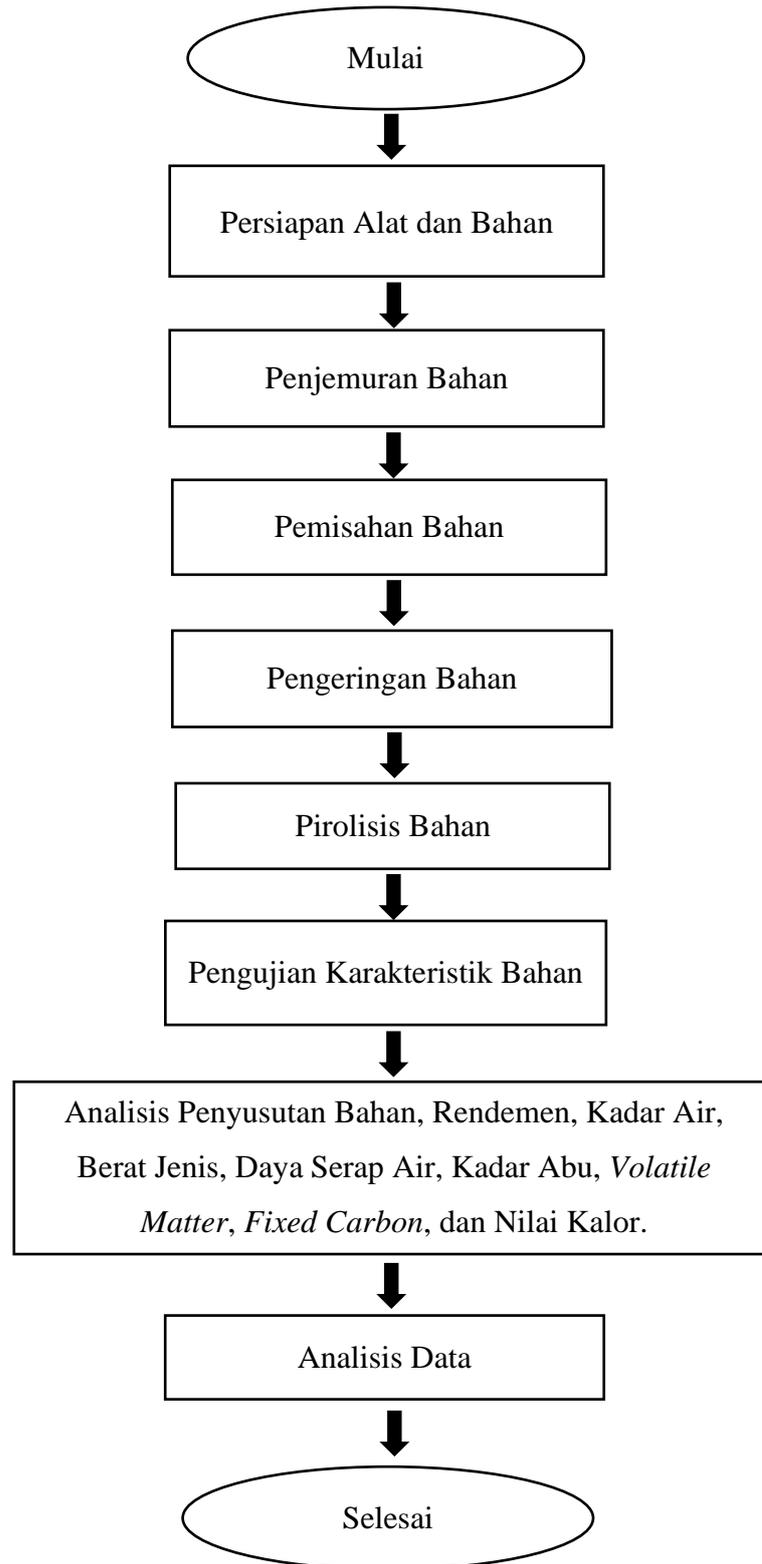
Masing-masing perlakuan pada bahan limbah tongkol jagung dan batang jagung, mengalami pengulangan (U) sebanyak 3 kali sehingga didapat 24 sampel (Tabel 2). Pemilihan perlakuan variabel diatas berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan yaitu dengan melakukan pengujian pada masing-masing bahan tongkol jagung dan batang jagung dengan berbagai variasi suhu dan lama waktu pirolisis. Suhu dan lama waktu pirolisis berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan. Data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap.

Tabel 2. Kombinasi Perlakuan RAL

B	T	U1	U2	U3
B1	T1	B1T1U1	B1T1U2	B1T1U3
	T2	B1T2U1	B1T2U2	B1T2U3
	T3	B1T3U1	B1T3U2	B1T3U3
	T4	B1T4U1	B1T4U2	B1T4U3
B2	T1	B2T1U1	B2T1U2	B2T1U3
	T2	B2T2U1	B2T2U2	B2T2U3
	T3	B2T3U1	B2T3U2	B2T3U3
	T4	B2T4U1	B2T4U2	B2T4U3

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian uji karakteristik arang yang dihasilkan dari proses pirolisis limbah jagung ini dapat dilihat pada Gambar 4. Dalam proses pelaksanaan penelitian ini ada beberapa proses yang dilalui dimulai dari persiapan alat dan bahan hingga analisis data. Berikut ini menunjukkan langkah-langkah prosedur penelitian karakteristik arang yang dihasilkan dari proses pirolisis limbah jagung.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Penjemuran Bahan

Penjemuran bahan dilakukan untuk mengeringkan limbah jagung yang masih basah. Penjemuran dilakukan selama 3 - 4 hari dibawah sinar matahari langsung untuk mendapatkan kering yang optimal dengan kadar air berkisar 9 - 12%. Tujuan penjemuran bahan yaitu untuk menjaga bahan tetap utuh kering dan tidak berjamur ketika digunakan.

3.4.2 Pemisahan Bahan

Pemisahan bahan dilakukan untuk memisahkan bagian-bagian dari limbah jagung seperti tongkol jagung, batang jagung, kulit jagung, daun jagung, dan kelopak daun. Tujuan pemisahan bahan yaitu untuk mempermudah proses dalam pengeringan bahan serta pengujian karakteristik bahan. Bahan yang digunakan yaitu tongkol jagung dan batang jagung.

3.4.3 Pengeringan Bahan

Pengeringan bahan dilakukan untuk mengeringkan limbah tongkol jagung, dan batang jagung yang sudah dipisah dengan menggunakan oven dalam waktu 24 jam dengan suhu 105°C yang bertujuan untuk limbah tongkol jagung, dan batang jagung dalam kondisi kering oven sebelum dilakukan pirolisis bahan.

3.4.4 Pirolisis Bahan

Proses pirolisis menggunakan bahan tongkol jagung, dan batang jagung. Tongkol jagung dan batang jagung setelah dikeringkan dioven selama 24 jam dalam suhu 105°C yang kemudian dibungkus dengan alumunium foil dan diberi lubang menggunakan jarum. Pirolisis bahan tongkol jagung, dan batang jagung dilakukan pada perlakuan T1, T2, T3, T4, menggunakan *furnace* tipe Vulcan D-550 (Gambar 5) yang dipanaskan dengan suhu 300 °C selama 20 menit, suhu 350°C selama 15 menit, suhu 400°C selama 10 menit, suhu 450°C selama 7 menit setiap pengujiannya. Bahan dimasukan terlebih dahulu pada suhu ruang dan diatur

sampai suhu yang ditentukan. Ketika suhu sudah tercapai dilakukan pencatatan waktu pirolisis sesuai perlakuan yang dikenakan. Proses pirolisis dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.



Gambar 5. Alat *furnace* Vulcan D-550

3.4.5 Pengujian Karakteristik Bahan

Pengujian karakteristik arang dilakukan setelah bahan dipirolisis. Parameter uji pada bahan yang dilakukan meliputi analisis penyusutan bahan, rendemen, analisis kadar air, analisis berat jenis, analisis daya serap air, analisis kadar abu, analisis *volatile matter*, analisis *fixed carbon*, dan analisis nilai kalor. Analisis ini dilakukan pada dua jenis bahan yang akan dibandingkan dalam penelitian untuk mencari bahan yang lebih baik.

3.5 Parameter Pengamatan

3.5.1 Penyusutan Bahan

Penyusutan merupakan proses berkurangnya ukuran suatu volume benda baik panjang atau lebar suatu benda yang diakibatkan suatu proses tertentu. Proses panas yang dikenakan pada suatu benda dapat memberikan dampak penyusutan pada benda. Panas mempengaruhi perubahan sifat fisik meliputi penurunan perubahan berat, penyusutan volume, dan kerapatan pada bahan. Penyusutan suatu bahan dilihat dari besaran suhu yang dikenakan, semakin besar suhu maka

semakin besar penyusutan yang terjadi. Perhitungan penyusutan terhadap bahan dapat diketahui dengan cara menghitung selisih antara ukuran awal bahan dikurangi ukuran akhir bahan. Analisis penyusutan bahan pada proses pirolisis tongkol jagung dan batang jagung dilakukan dengan menghitung rata-rata ukuran panjang dan diameter awal bahan dikurangi rata-rata ukuran panjang dan diameter tiap perlakuan pirolisis bahan. Kemudian dari selisih yang didapat dapat dihitung volume susut pada bahan.

Penyusutan diameter bahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Penyusutan Diameter} = \frac{(d_1 - d_2)}{d_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

d_1 = Diameter awal bahan

d_2 = Diameter akhir bahan

Penyusutan panjang bahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Penyusutan Panjang} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

P_1 = Panjang awal bahan

P_2 = Panjang akhir bahan

Penyusutan volume bahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Penyusutan Volume} = \frac{(V_1 - V_2)}{V_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

V_1 = Volume awal bahan

V_2 = Volume akhir bahan

3.5.2 Rendemen

Rendemen adalah perbandingan berat arang dengan jumlah bahan baku. Nilai rendemen berkaitan dengan banyaknya kandungan bioaktif yang terkandung. Semakin tinggi rendemen maka semakin tinggi kandungan zat yang tertarik ada pada suatu bahan baku. Nilai rata-rata rendemen arang bertujuan untuk mengetahui jumlah arang yang dihasilkan setelah proses pirolisis. Banyaknya arang yang dihasilkan akan dibandingkan terhadap berat limbah jagung sebelum dipirolisis dan dinyatakan dalam persen berat (Ratnawati, 2010). Rendemen dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rendemen} = \frac{W_a}{W_b} \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

Wa = Berat arang (gram)

Wb = Berat bahan baku (gram)

3.5.3 Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam arang dengan berat yang sudah dikeringkan, kadar air berpengaruh terhadap kualitas dan tinggi nilai kalor (Togatorop, 2014). Analisis kadar air dilakukan dengan mengambil 1 bahan sampel tanpa cawan dan diletakkan dalam cawan porselen dengan bobot yang sudah diketahui. Dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam sampai kadar air konstan. Tahap terakhir bahan dimasukkan ke dalam desikator sampai suhu stabil dan timbang, kadar air dihitung dengan :

$$\text{Kadar Air} = \frac{(m_B - m_K)}{m_B} \times 100 \% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

mB = Massa sampel sebelum dikeringkan

mK = Massa sampel setelah kering

3.5.4 Massa Jenis (*mass density* dan *bulk density*)

Massa jenis adalah perbandingan massa zat tersebut terhadap volumenya, massa jenis memiliki satuan kg/m^3 atau g/cm^3 . Pengukuran massa jenis dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran dengan semua sampel arang tongkol jagung dan batang jagung (*mass density*) dan pengukuran dengan media yang ditentukan (*bulk density*). Untuk pengukuran *bulk density* dilakukan dengan mengambil beberapa sampel yang ditimbang pada sebuah wadah yang sudah ditetapkan volumenya yaitu 0,8 liter atau $0,0008 \text{ m}^3$ untuk arang tongkol jagung dan batang jagung.

$$S = \frac{w}{v} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

S = berat jenis benda (gram/cm^3)

w = berat benda (gram)

v = volume benda (cm^3)

3.5.5 Daya Serap Air

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh terhadap kualitas arang yang dihasilkan. Daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya kadar pori pada limbah tongkol jagung dan batang jagung. Pengamatan dihitung dengan rumus sebagai berikut (Handayani, 2010).

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

M_t = massa pada waktu t (gram)

M_0 = massa awal bahan pada hari ke-0 (gram)

3.5.6 Kadar Abu

Kadar abu merupakan residu anorganik dari proses pembakaran atau oksidasi komponen organik bahan. Pengukuran kadar abu dilakukan dengan ± 1 gram sampel yang telah dioven terlebih dahulu dan diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui, kemudian cawan berisikan sampel dimasukkan ke dalam tanur (*furnace*) dengan suhu 550°C selama 2 jam. Setelah proses pengabuan bahan didinginkan pada desikator hingga stabil dan kemudian ditimbang. Kadar abu dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Kadar Abu} = \frac{W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

W1 = bobot sampel kering oven (gram)

W2 = bobot abu (gram)

3.5.7 Kadar Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang (*volatile matter*) adalah banyaknya zat yang hilang bila sampel dipanaskan pada suhu dan waktu yang telah ditentukan. Pengukuran *volatile matter* dilakukan dengan ± 1 gram sampel yang telah dioven terlebih dahulu dan diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui, kemudian cawan berisikan sampel dimasukkan ke dalam tanur (*furnace*) dengan suhu 900°C selama 7 menit tanpa kontak udara. Setelah proses zat terbang selesai, bahan didinginkan pada desikator hingga stabil dan kemudian ditimbang. Zat terbang (*volatile matter*) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Volatile Matter} = 100\% - \text{Abu} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

Abu = Bobot abu (gram)

3.5.8 Kadar Karbon (*Fixed Carbon*)

Fixed carbon adalah parameter yang tidak ditentukan secara analisis melainkan merupakan selisih 100% dengan jumlah kadar air, kadar abu, dan *volatile matter*. *Fixed carbon* menyatakan banyaknya karbon yang terdapat dalam material sisa setelah zat terbang (*volatile matter*) dihilangkan. Nilai *fixed carbon* mempengaruhi kualitas suatu arang, karena semakin tinggi nilai *fixed carbon* maka kualitas arang semakin meningkat. *Fixed carbon* dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Fixed Carbon} = 100\% - (KA + KAb + VM) \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan :

KA = Kadar Air (%)

KAb = Kadar Abu (%)

VM = Volatile Matter (%)

3.5.9 Nilai Kalor

Disiapkan sampel ± 1 gram kemudian di letakkan ke dalam cawan silika dan diikat dengan kawat nikel, dan dimasukkan ke dalam tabung dan ditutup rapat. Lalu tabung tersebut dialiri oksigen selama 30 detik. Tabung dimasukkan dalam *oxygen bomb calorimeter*, pembakaran dimulai saat suhu air tetap dengan pengukuran suhu optimum, besarnya nilai kalor sesuai dengan persamaan berikut. Prinsip yang digunakan adalah mengukur kalor pembakaran bahan bakar padat. Kalor pembakaran ditentukan dengan dengan membakar sejumlah contoh uji dengan pengendalian kondisi dalam *Oxygen Bomb Calorimeter*. Kalor pembakaran dihitung dari temperatur sebelum percobaan, selama dan setelah pembakaran, dengan mempertimbangkan koreksi pindah panas dan koreksi termokimia.

Nilai energi ekuivalen dapat dihitung dengan rumus :

$$W = \frac{H \times m + e_1 + e_2}{\Delta t} \dots\dots\dots(11)$$

W = Energi ekuivalen dari kalorimeter (kal/°C)

H = Panas energi pembakaran (kal/gram)

m = Massa sampel biomassa (gram)

Δt = Kenaikan temperatur koreksi (°C)

e₁ = Koreksi panas sampel (kal)

e₂ = Koreksi panas kawat pembakar (kal)

3.6 Analisis Data

Data yang telah diperoleh dianalisa atau diolah dengan menggunakan analisis Rancangan Acak Lengkap yang diikuti oleh tabel ANOVA dan uji BNT kecuali analisis nilai kalor karena tanpa ulangan berdasarkan rancangan percobaan yang telah dikemukakan diatas. Analisa atau pengolahan dilakukan dengan menggunakan *software SAS Studio University*. Hasil analisa atau pengolahan data akan disajikan dalam bentuk tabel dan atau grafik serta diuraikan secara deskriptif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu :

1. Pengaruh proses pirolisis bahan tongkol jagung dan batang jagung terhadap pembuatan arang meliputi :
 - a. Penyusutan bahan maksimal pada arang tongkol jagung akibat pirolisis yaitu diameter 6,51 %, panjang 4,70 %, dan volume 10,87 %, sedangkan penyusutan bahan maksimal pada arang batang jagung akibat pirolisis yaitu diameter 1,59 %, panjang 5,00 %, dan volume 6,49 %
 - b. Rendemen arang tongkol jagung terendah terjadi pada perlakuan 450°C/7 menit dan 400°C/10 menit sebesar 32,29 % dan 40,86 %, dan rendemen tertinggi sebesar 65,99 % pada perlakuan 300°C/30 menit, sedangkan rendemen arang batang jagung berkisar 42,91 % - 55,93 %.
 - c. Kadar air arang tongkol jagung terendah terjadi pada perlakuan 450°C/7 menit dan 400°C/10 menit sebesar 0,27 % dan 0,68 %, dan kadar air tertinggi sebesar 2,5331 % pada perlakuan 300°C/30 menit, sedangkan kadar air arang batang jagung terendah terjadi pada perlakuan 450°C/7 menit dan 400°C/10 menit sebesar 1,67 % dan 2,04 %, dan kadar air tertinggi sebesar 3,31 % pada perlakuan 300°C/30 menit.
 - d. Massa jenis dan *bulk density* mengalami pengaruh nyata proses pirolisis pada arang tongkol jagung dengan kerapatan tertinggi 0,090 g/cm³ dan 0,0446 g/cm³, sedangkan pada arang batang jagung *bulk density* dengan kerapatan tertinggi 0,0259 g/cm³ dan massa jenis pada arang batang jagung tidak mengalami pengaruh signifikan.

- e. Daya serap air pada arang tongkol jagung lebih kecil menyerap air dibandingkan dengan arang batang jagung. Daya serap air dipengaruhi tinggi rendahnya kelembapan lingkungan.
 - f. Kadar abu arang tongkol jagung terendah sebesar 6,62 % pada suhu 300°C/30 menit, sedangkan kadar abu arang batang jagung terendah sebesar 7,17 % pada suhu 300°C/30 menit.
 - g. Kadar *volatile matter* arang tongkol jagung mempunyai nilai berkisar 0,43 % - 0,74 %, sedangkan kadar *volatile matter* arang batang jagung mempunyai nilai berkisar 0,77 % - 0,95 %.
 - h. Kadar *fixed carbon* arang tongkol jagung mempunyai nilai berkisar 90,41 % , sedangkan kadar *fixed carbon* arang batang jagung mempunyai nilai berkisar 87,80 % - 88,84 %. Besar kecilnya kadar karbon ini dipengaruhi oleh jumlah kadar air, kadar abu, dan kadar zat mudah menguap pada bahan.
 - i. Nilai kalor arang tongkol jagung mempunyai nilai rerata sebesar 25,04 MJ/kg, dan nilai kalor arang batang jagung mempunyai nilai rerata sebesar 19,13 MJ/kg. Sedangkan nilai kalor bahan tongkol jagung sebesar 16,75 MJ/kg, dan nilai kalor bahan batang jagung sebesar 16,47 MJ/kg.
2. Pengaruh suhu dan lama waktu terbaik pirolisis terjadi pada perlakuan suhu 450°C dan lama waktu 7 menit pengaruhnya terhadap penyusutan bahan rendah, rendemen rendah, kadar air rendah, daya serap air rendah, *volatile matter* yang relatif tinggi, *fixed carbon* yang relatif tinggi dan nilai kalor yang tinggi.
 3. Arang tongkol jagung cocok digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki nilai kalor yang relatif tinggi, sedangkan arang batang jagung lebih baik digunakan sebagai bahan pembenah tanah karena nilai kalor yang relatif rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan suhu maksimal pirolisis arang tongkol jagung dan batang jagung sebesar 450°C dan lama waktu 7 menit. Saran dalam penelitian ini adalah menggunakan lebih banyak variasi lama waktu dan suhu pirolisis pada bahan tongkol jagung dan batang jagung, dan menggunakan bagian lain dari limbah jagung selain tongkol jagung dan batang jagung. Arang tongkol jagung cocok dijadikan sebagai bahan bakar karena memiliki nilai kalor yang relatif tinggi, sedangkan arang batang jagung lebih baik digunakan sebagai bahan pembenah tanah karena nilai kalor yang relatif rendah, dan juga batang jagung umumnya tertinggal dilahan sehingga akan lebih efisien jika proses pengarangan arang berada dalam satu lokasi (tidak memerlukan pengangkutan).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. 2020. Modifikasi Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Kelapa (*Cocos nucifera*) melalui Perlakuan Panas dengan Minyak. In Prosiding Seminar Nasional Konservasi 2020. *LPPM Universitas Lampung*, 564–569.
- Aisiyah, R. H. 2016. *Pemanfaatan Karbon Air Dari Limbah Jagung Sebagai Filter Air*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Basu. 2010. *Biomassa Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. Elsevier.
- Bilman. 2011. *Analisis Pertumbuhan Tanaman Jagung (Zea mays L.)*. Penebar Swadaya.
- Brebu, M., & Vasile, C. 2009. THERMAL DEGRADATION OF LIGNIN – A REVIEW. *Institute of Macromolecular Chemistry, Romania, 41A (700487)*, 354–360.
- Chigier, N. 2001. *Energy, Combustion, and Environment*. The McGrawHill Companies, Inc.
- Cruz, J.M., & Dominguez, J.C. 2000. Preparation of Fermentation Media from Agricultural Wastes and Their Bioconversion Into Xylitol. *Food Biotechnology, 14*, 79–97.
- Dongoran. 2009. *Respons Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis (Zea mays saccharata Sturt) terhadap Pemberian Pupuk Cair TNF dan Pupuk Kandang Ayam*. Universitas Sumatera Utara.
- Effendi, S. 2012. *Bercocok Tanam Jagung*. C.V. Yasa Guna.
- Erni. 2018. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Sifat Kimia dan Organoleptik Tepung Umbi Talas (*Colocasia esculenta*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian, 4(1)*, 95–105.
- Fauziah, N. 2009. *Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung dari Kulit Acasia mangium Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya Sebagai Adsorben*. IPB.

- Gleser, B. 2001. The terra preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropic. *Die Naturwissenschaften*, 88, 37–41.
- Gultom. 2017. *Pemanfaatan Limbah Kayu Jabon dan Limbah Serat Sawit sebagai Bahan Baku Briket Arang*. PhD Thesis.
- Handayani, S. 2010. Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 12(1), 41–50.
- Helwani, Z. 2017. *Bahan Bakar Padat dari Pelepah Sawit Menggunakan Proses Torefaksi Variasi Suhu dan Ukuran Bahan Baku*. PhD Thesis.
- Hidayat. 2018. *Effects of Heat Treatment on the Color Change and Dimensional Stability of Gmelina arborea and Melia azedarach Woods*.
- Kementrian Pertanian. 2015. Rencana Strategis Kementrian Pertanian Tahun 2015 – 2019. *Jakarta*.
- Koswara, J. 2011. *Budidaya Jagung*. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Kulkarni N, Shendye A, & Rao M. 2009. Molecular and Biotechnological Aspects of Xylanes. *FEMS Microbiol Rev*, 23, 411–456.
- Main biomass properties corn cob and corn stover. 2022. *Phyllis2*.
- Martunis, M. 2012. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan terhadap Kuantitas dan Kualitas Pati Kentang Varietas Granola. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 4(3).
- Muhadjir, F. 2008. *Karakteristik Tanaman Jagung*. Central Research Institute for Food Crops (CRIFC).
- Mustamu. 2018. Karakteristik Biopellet dari Limbah Padat Kayu Putih dan Gondorukem. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3), 191–204.
- Muthmainnah. 2012. *Pembuatan Arang Aktif Tongkol Jagung dan Aplikasinya pada Pengolahan Minyak Jelantah*. Program Studi Pendidikan Kimia. Jurusan Pendidikan Kimia. Fakultas FKIP. Universitas Tadulako.
- Nasirotunnisa. 2010. *Analisis Nilai Kalor Bahan Bakar Biomassa Yang Dapat Dimanfaatkan Menggunakan Kompur Biomassa*. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nisandi. 2007. *Pengaruh Massa Bahan Dalam Ruangan Pengarangan Serta Komposisi Campuran Bahan Terhadap Kualitas Briket Arang Yang Dihasilkan Pada Pirolisis Sampah Organik*. Universitas Gadjah Mada.

- Paliwal, R.L. 2000. Tropical Maize Morphology. In: Tropical Maize: Improvement and Production. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome*. 13–20.
- Putra, N.A. 2019. *Unjuk Kerja Mesin Pencacah Seresah Biomassa Tipe Multiguna Berdasarkan Tingkatan Kecepatan Putaran*. Universitas Lampung.
- Ramadhan, A., & Ali, M. 2012. *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis*. 4(1), 44–53.
- Ratnawati. 2010. *Pengaruh Suhu Pirolisis Limbah Jagung Terhadap Kualitas dan Kuantitas Asap Cair dan Rendemen*. IT1.
- Retnani. 2009. Pengaruh Jenis Hijauan Pakan dan Lama Penyimpanan Terhadap Sifat Fisik Wafer. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 196–202.
- Richana, N., & Sunarti, T.C. 2014. Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Umbi dan Tepung Pati dari Umbi Ganyong, Suweg, Ubi Kelapa dan Gembili. *Jurnal Pascapanen*, 1(1), 29–37.
- Rubiyanti. 2019. Karakterisasi Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB) (Characterization of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*) Pellets Torrefied with Counter-Flow Multi Baffle (COMB) Reactor). *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3), 321–331.
- Sarkar. 2012. Bioethanol Production from Agricultural Wastes: An Overview. *Renewable Energy*, 37(1), 19–27.
- Sembiring, M.T., & Sinaga, T.S. 2003. *Arang Aktif, Pengenalan dan Proses Pembuatannya*. J. USU Digital Library.
- Setiawan, B. 2016. Analisa Thermogravimetry pada Pirolisis Limbah Pertanian. *Jurnal Ethos*, 4(1), 49–56.
- Shofiyanto, M.E. 2008. *Hidrolisa Tongkol Jagung oleh Bakteri Selulolitik untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Sidiq, M. 2014. *Prarancangan Pabrik Karbon Aktif dari Baggase Fly Ash (BFA) dengan Aktifasi Kimia menggunakan KOH Kapasitas 2.500 Ton/ Tahun*. Universitas Gadjah Mada.
- Siti, J., Intan D.I., & Elza N.P. 2014. Karakteristik Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Pengaktifasi H₂SO₄ Variasi Suhu dan Waktu. *Simposium Nasional Teknologi Terapan*, 2, 31–38.

- Solihin. 2015. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Air Kualitas Fisik Dan Sebaran Jamur Wafer Limbah Sayuran Dan Umbi-Umbian. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 3(2), 48–54.
- Sudrajat, R., & Gustan Pari. 2011. *Arang Aktif, Teknologi Pengolahan dan Masa Depan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Sulistio. 2020. Pengaruh Pirolisis dengan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB) dan Electric Furnace terhadap Pelet Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*) (Effects of Torefaction with Counter-Flow Multi Baffle (COMB) Reactor and Electric Furnace on the Properties of Jabon (*Anthocephalus cadamba*) Pellets). *Jurnal Sylva Lestari*, 8(1), 65–76.
- Togatorop, E. 2014. *Penentuan Kadar Air dan Kadar Abu dalam Bahan Pangan*. Gramedia Pustaka.
- Usman, A. 2007. *Membuat Briket Bioarang*. Kanisius.
- Yuliana, Y. 2020. *Analisis Energi Masukan dan Keluaran Pada Budidaya Pertanian Jagung (*Zea mays*) Di Desa Jati Baru, Kecamatan Tanjung Bintang, Lampung Selatan*.
- Yulianto. 2020. Changes in physical properties of oil palm empty fruit bunch pellets caused by torrefaction. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(2), 104–111.
- Zulkania, A. 2016. Pengaruh Temperatur Dan Ukuran Partikel Biomassa Terhadap Bio-Oil Hasil Pirolisis Ampas Tebu / Baggase. *Jurnal Teknoin*, 22(5), 328–336.