

DISERTASI

**OPTIMASI KINERJA, EKOLOGI DAN EKONOMI PADA
BIOBRIKET CAMPURAN BATUBARA DAN KAYU BAKAU**

***OPTIMIZATION OF PERFORMANCE, ECOLOGY AND
ECONOMIC ON BIOBRIQUETTE OF MIXED COAL AND
MANGROVE WOOD CHARCOAL***

**RAHMANIAR RAHMAN
D033171002**



PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI KEBUMIHAN DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

**OPTIMASI KINERJA, EKOLOGI DAN EKONOMI PADA BIOBRIKET
CAMPURAN BATUBARA DAN KAYU BAKAU**

Disertasi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar doktor

Program Studi
Teknologi Kebumihan dan Lingkungan

Disusun dan diajukan oleh

RAHMANIAR RAHMAN

kepada

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KEBUMIHAN DAN LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

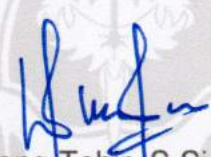
DISERTASI

OPTIMASI KINERJA, EKOLOGI DAN EKONOMI PADA BIOBRIKET
CAMPURAN BATUBARA DAN KAYU BAKAU

RAHMANIAR RAHMAN
NIM: D033171002

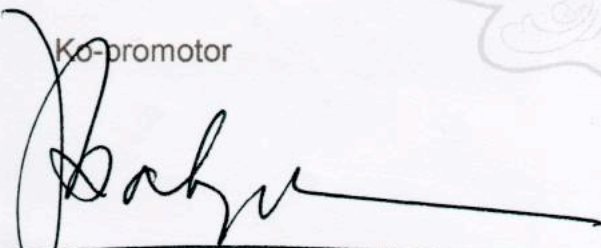
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Teknologi Kebumihan dan
Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
pada tanggal 21 November 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

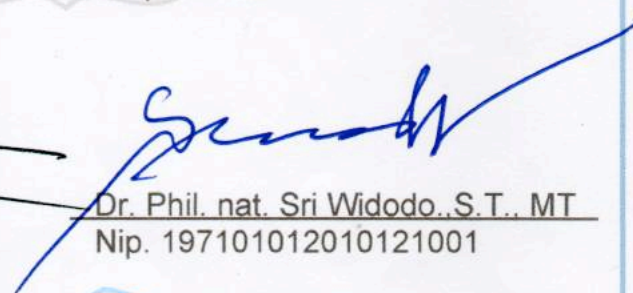
Menyetujui
Promotor


Prof. Dahlang Tahir, S.Si., M.Si., Ph.D
Nip. 197509072000031006

Ko-promotor


Ko-promotor



Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T
Nip. 195910081987031001


Dr. Phil. nat. Sri Widodo, S.T., MT
Nip. 197101012010121001

Ketua Program Studi,

Dekan Fakultas Teknik,


Dr. Ulva Ria Irvan, ST., MT
Nip. 197006061994122001


Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT
Nip. 197309262000121002

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmaniari Rahman
NIM : D033171002
Program Studi : Teknologi Kebumihan Dan Lingkungan
Jenjang : S3

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

Optimasi Kinerja, Ekologi Dan Ekonomi Pada Biobriket Campuran Batubara Dan Kayu Bakau

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa Disertasi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 21 November 2022
Yang menyatakan



Rahmaniari Rahman

PRAKATA



Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT dengan cinta dan kasihnya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini. Untuk itu penulis bersyukur dan mengucapkan segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam, dengan terselesaikannya disertasi ini yang merupakan salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Teknologi Kebumian Dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (UNHAS). Disertasi ini berjudul *Optimasi kinerja, ekologi dan ekonomi pada biobriket campuran batubara (mixed coal) dan kayu bakau (mangrove wood)*.

Adapun dalam proses penyusunan disertasi ini sempat mengalami beberapa kendala, akan tetapi berkat motivasi dan dukungan dari kedua orang tua, saudara-saudara dan teman-teman terdekat, serta nasehat dan saran dari promotor, ko-promotor serta para tim penguji sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian disertasi ini telah melibatkan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang penulis hormati:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., sebagai Rektor Universitas Hasanuddin Makassar, yang telah memberikan kesempatan

kepada penulis untuk mengikuti pendidikan di Program Doktor Teknologi Kebumian dan Lingkungan Fakultas Teknik UNHAS

2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik UNHAS, yang telah memberikan fasilitas untuk digunakan selama menjadi mahasiswa pada program Doktor Teknologi Kebumian Dan Lingkungan Fakultas Teknik UNHAS
3. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, ST., MT, sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik UNHAS, yang telah memberikan fasilitas untuk digunakan selama menjadi mahasiswa pada program Doktor Teknologi Kebumian Dan Lingkungan Fakultas Teknik UNHAS
4. Prof. Dahlang Tahir, S.Si., M.Si., Ph.D sebagai promotor, Dr. Ir. Busthan Azikin, ST., MT sebagai ko-promotor I dan Dr. Phil. nat. Sri Widodo, ST., MT., ko-promotor II yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, pemikiran, petunjuk, dan dukungan moral bagi penulis mulai dari awal perkuliahan, memberikan kontribusi bagi terwujudnya disertasi ini. Melalui beliau bertiga dengan kesabaran, perhatian dan keikhlasannya telah memberikan dorongan, perbaikan dan saran baik dari aspek metodologi penelitian maupun penyajian isi disertasi secara keseluruhan. Penulis benar-benar merasakan melalui beliau bertiga telah membuka cakrawala/ pandangan yang mendorong munculnya gagasan, ide-ide pembaharuan khususnya dalam bidang pendidikan. Untuk itu sekali lagi penulis menghaturkan

penghormatan dan penghargaan yang setinggi-tingginya serta mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya dengan iringan doa “semoga amal baik beliau diterima dan mendapat balasan dari Allah Yang Maha Kasih, cinta dan Pemurah”.

5. Alm. Prof. Dr. Dadang Ahmad Suriamiharja, M. Eng., Prof. Dr. rer. nat. Ir. A. M. Imran, Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S., Prof. Dr. Akhruddin, S.Si., M.Si, Dr. Ir. Musri Ma'waleda, MT dan Dr. Ulva Ria Irfan, ST., MT., sebagai anggota tim penilai yang banyak meluangkan waktu untuk memberikan saran-saran dan perbaikan untuk menyempurnaan dan menyelesaikan disertasi ini.
6. Dr. Ulva Ria Irfan, ST., MT sebagai Ketua Program studi Teknologi Kebumihan dan Lingkungan Universitas Hasanuddin dan sekaligus sebagai penasehat akademik dari penulis yang telah banyak memberikan motivasi dan arahan selama proses studi berlangsung.
7. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia, Laboratorium Teknologi Pengelolaan Limbah yang telah memberikan izinnya dalam menggunakan laboratorium sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
8. Para Dosen Departemen Geologi Universitas Hasanuddin, yang juga telah membimbing selama penulis menempuh pendidikan di Prodi Teknologi Kebumihan dan Lingkungan Universitas Hasanuddin.
9. Kepala Laboratorium Dr. Ir. Sufriadin, ST., MT *Mineral Analysis and Processing Laboratory* Departemen Pertambangan Universitas

Hasanuddin, serta rekan-rekan mahasiswa/i (Akmal Saputno, ST, Ardi Alam Jabir, ST dan Mecky Mantung, ST) yang telah memberikan izin serta pelayanan dan petunjuk berharga selama penulis melakukan penelitian disertasi.

10. Rekan-rekan angkatan 2015, 2017 dan 2018 Program Studi S3 Teknologi Kebumihan dan Lingkungan Universitas Hasanuddin yang telah membantu selama proses perkuliahan sampai penyelesaian disertasi.

11. Rekan saya ibu Sukmawati, SP., MP Departemen Pertanian UNHAS yang telah membantu dalam proses pengolahan bahan baku (pirolisis).

12. Seluruh Staf Tata Usaha Fakultas Teknik, serta seluruh karyawan UNHAS pada umumnya, yang telah memberikan pelayanan terbaik serta kemudahan administrasi sejak awal masuk kuliah hingga terselesaikannya penyusunan disertasi ini.

13. Ucapan terima kasih yang tercinta kepada Ayahanda H. Abd Rahman Hamid, ST serta Ibunda terkasih Hj. Nurmiah Takwin beserta adik-adikku Syihabuddin Rahman, ST., Abd Hafid Rahman, ST., Nurfadillah Rahman, S.Kes dan Rahmat Harianto, ST., MT yang memberikan dukungan, doa dan kasih sayang yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan program S3 di Universitas Hasanuddin.

Hasil penelitian disertasi ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber informasi dalam pemanfaatan biobriket sebagai salah

satu bahan bakar alternatif yang memiliki nilai saing di pasaran khususnya kepada industri-industri kecil dan menengah.

Akhirnya penulis menyadari bahwa penelitian disertasi ini masih kurang sempurna sehingga kritik dan saran yang sifatnya memperbaiki sangat kami harapkan dan menerimanya dengan senang hati. Semoga hasil Disertasi ini nantinya dapat bermanfaat bagi orang lain yang membutuhkan.

Makassar, 21 November 2022

Rahmaniar Rahman

ABSTRAK

RAHMANIAR RAHMAN. Optimasi Kinerja, Ekologi Dan Ekonomi Pada Biobriket Campuran Batubara Dan Kayu Bakau (Promotor Dahlang Tahir, Ko-promotor Busthan Azikin dan Sri Widodo).

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan formulasi ideal terbaik produk biobriket sehingga diperoleh produk biobriket berkualitas yang memiliki kinerja terbaik (SNI), bersih/ ramah lingkungan (*clean biobriquette*) dan memiliki nilai ekonomis sehingga memiliki daya saing dengan produk briket yang telah dijual di pasaran. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini ialah: proksimat, ultimat, kalori, emisi, XRF, XRD dan analisis ekonomi.

Berikut ialah hasil analisis pada penelitian ini: proksimat (kadar karbon terikat tertinggi diperoleh dengan kadar variasi campuran Arang kayu bakau 100% = 60.65%, Kadar zat terbang tertinggi diperoleh pada Sampel D = 44.32%, Kadar abu tertinggi yaitu pada sampel C = 45.05%, dan Kadar air yang tertinggi terlihat pada C = 15.30%); ultimat (kadar sulfur tertinggi diantara ke 9 sampel ialah pada batubara A = 0.874%) meski demikian batubara IC masih termasuk kategori low sulfur <1%; nilai kalor (Nilai kalor tertinggi diperoleh dengan variasi komposisi pada A1 = 6478,84 kal/gram sebelum ditambahkan perekat); XRD (berdasarkan hasil analisis XRD ditemukan tujuh jenis mineral yaitu: anhidrit, halit, kuarsa, sulfur (S), talk, florit dan dolomit; XRF (diperoleh senyawa CaO, Fe₂O₃, SiO₂, dan Al₂O₃ sebagai unsur senyawa yang terkandung dalam biobriket) yang ditemukan pada sampel B = 1,618% dan E = 74,339%, uji kekuatan/ ketahanan (dari hasil penelitian uji kuat tekan diperoleh produk biobriket yang memiliki daya rekat yang paling baik yaitu pada campuran sagu dan tepung kanji dengan variasi 5% + 5% = 0.0667%); dan laju pembakaran (pada sampel biobriket diperoleh durasi pemanasan paling lama yaitu pada variasi komposisi campuran biobriket A1 = 8 jam, 48 menit), analisis emisi hasil pembakaran berdasarkan hasil analisis emisi maka diperoleh, total kadar nitrogen dioksida (NO₂) tertinggi dihasilkan pada sampel E dengan komposisi 100% dengan kadar 12 mg/Nm³, kadar karbon dioksida (CO₂) tertinggi diperoleh pada sampel D komposisi 100% yaitu 5% dan kadar sulfur dioksida (SO₂) diperperoleh <1 pada semua masing-masing sampel); dan analisis ekonomi yaitu berdasarkan hasil analisis perhitungan maka diperoleh dengan harga biobriket yang cukup ekonomis yaitu Rp 1381,44/ briket dengan berat 100 gram sehingga dalam kemasan biobriket dengan berat 1 kg yaitu dengan harga tanpa margin Rp 13.814,4 dibandingkan dengan harga biobriket lainnya di pasaran (Rp 35.000/ kg).

Kata Kunci: Biobriket, Batubara, *Fly Ash*, Kayu Bakau, Sagu.

ABSTRACT

RAHMANIAR RAHMAN. Optimization of Performance, Ecology and Economics of Mixed Coal and Mangrove Wood Biobriquettes (Promoter Dahlang Tahir, Co-promoters Busthan Azikin and Sri Widodo).

This study aims to find the ideal formulation of the best biobriquette product in order to obtain a quality biobriquette product that has the best performance (SNI), is clean/environmentally friendly (clean biobriquette) and has economic value so that it has competitiveness with briquette products that have been sold in the market. The analyzes carried out in this study were: proximate, ultimate, calories, emissions, XRF, XRD and economic analysis.

The following are the results of the analysis in this study: proximate (the highest bound carbon content was obtained with a mixture of mangrove wood charcoal 100% = 60.65%, the highest volatile matter content was obtained in Sample D = 44.32%, the highest ash content was in sample C = 45.05% , and the highest water content is seen at C = 15.30%); ultimate (the highest sulfur content among the 9 samples is in coal A = 0.874%) even though IC coal is still in the category of low sulfur <1%; calorific value (the highest calorific value was obtained by varying the composition at A1 = 6478.84 cal/gram before adding adhesive); XRD (based on the results of the XRD analysis found seven types of minerals, namely: anhydrite, halite, quartz, sulfur (S), talc, fluorid and dolomite; XRF (obtained CaO, Fe₂O₃, SiO₂, and Al₂O₃ compounds as elemental compounds contained in biobriquettes) which found in samples B = 1.618% and E = 74.339%, strength/resistance test (from the results of the compressive strength test research it was obtained that biobriquette products had the best adhesion, namely on a mixture of sago and starch with a variation of 5% + 5% = 0.0667 %); and combustion rate (in the biobriquette sample the longest heating duration was obtained, namely the variation in the composition of the A1 biobriquette mixture = 8 hours, 48 minutes), the analysis of combustion emissions based on the results of the emission analysis obtained, the highest total nitrogen dioxide (NO₂) content was produced in sample E with a composition of 100% with a content of 12 mg/Nm³, the highest carbon dioxide (CO₂) content was obtained in sample D with a composition of 100% which was 5% and sulfur dioxide (SO₂) content was obtained <1 pa da all each sample); and economic analysis, namely based on the results of the calculation analysis, the biobriquette price is quite economical, namely Rp. 1381.44/briquette weighing 100 grams so that in biobriquette packaging weighing 1 kg, the price without margin is Rp. 13,814.4 compared to the price of other biobriquettes in market (IDR 35,000/kg).

Keywords: Biobriquette, Coal, Fly Ash, Mangrove Wood, Sago.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Ruang Lingkup/ Batasan Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Batubara	9
2.1.1 Briket Batubara	15
2.1.2 Jenis-jenis dan Proses Pembriketan batubara	17
2.1.3 Proses Pembriketan Batubara	21
2.2 Bioarang	22
2.2.1 Briket Bioarang	23
2.2.2 Proses Konversi Biomassa Menjadi Bioarang	25
2.3 Kayu Bakau	27
2.4 Arang Aktif	30
2.5 Biobriket	34
2.5.1 Karakteristik Biobriket	35
2.5.2 Proses Pembuatan Biobriket	39
2.5.3 Sagu	45
2.5.4 Flyash Batubara	46
2.5.5 Kerangka Pikir	48
2.5.6 Hipotesis	53

BAB III METODE PENELITIAN	54
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	54
3.2 Alat dan Bahan	56
3.3 Prosedur Penelitian	58
3.3.1 Pengambilan Sampel	62
3.3.2 Preparasi Sampel	62
3.4 Pembuatan Biobriket	65
3.5 Analisis Uji Biobriket	66
3.5.1 Proximate Analysis	66
3.5.2 Ultimate Analysis	69
3.5.3 Uji Kalori	72
3.5.4 Analisis mineral dan Geokimia	74
3.5.5 Uji Pembakaran	75
3.5.6 Uji kekuatan/ ketahanan	75
3.5.7 Uji Emisi	77
3.6 Analisis Ekonomi Biobriket	83
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 92
4.1 Hasil	92
4.1.1 Analisis karakterisasi bahan baku/ blanko	92
4.1.2 Analisis karakterisasi campuran bahan baku	97
4.1.3 Analisis karakterisasi biobriket campuran batubara dan arang Kayu bakau	100
4.1.4 Analisis mineral dan geokimia biobriket	103
4.1.5 Analisis laju penyalaan dan durasi pembakaran biobrike	114
4.1.6 Analisis uji kekuatan/ ketahanan biobriket	116
4.1.7 Analisis kadar emisi biobriket	116
4.1.8 Analisis ekonomi biobriket	118
4.2 Pembahasan	141
4.2.1 Karaterisasi bahan baku terhadap kualitas biobriket ..	141
4.2.2 Karakterisasi variasi campuran bahan baku terhadap kualitas biobriket	144
4.2.3 Karakterisasi kualitas biobriket campuran arang kayu bakau dan batubara dengan sagu sebagai perekat ..	146
4.2.4 Karakterisasi kualitas biobriket campuran arang kayu bakau dan batubara dengan sagu sebagai perekat terhadap Kandungan mineral dan geokimia	148
4.2.5 Karakterisasi kualitas biobriket campuran arang kayu bakau dan batubara dengan sagu sebagai perekat terhadap lama penyalaan dan durasi laju Pembakaran	152

4.2.6 Karakterisasi kualitas biobriket campuran arang kayu bakau dan batubara dengan komposisi perekat yang bervariasi terhadap uji kekuatan/ penghancuran Biobriket	153
4.2.7 Karakterisasi kualitas biobriket campuran arang kayu bakau dan batubara dengan sagu sebagai perekat terhadap kadar Emisi	155
4.2.8 Analisis ekonomi biobriket	157
 BAB V PENUTUP	 159
5.1 Kesimpulan.....	159
5.2 Saran.....	160
 DAFTAR PUSTAKA	 161
 GLOSARIUM	 176

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Daftar Potensi Sumber Daya Mineral Di Provinsi Kalimantan Timur Sampai Akhir 2007	14
2. Standar Kualitas Briket Arang	24
3. Tabel Potensi Mangrove yang Terdapat Di Sulawesi Selatan	29
4. Potensi Sagu di Indonesia	46
5. Rancangan penelitian berdasarkan 3 variabel	65
6. Harga Indeks Chemical Engineering Progress (CEP) Pada Berbagai Tahun	88
7. Hasil Analisis Uji Durasi Penyalaan Biobriket Campuran Batubara dan Kayu Bakau	115
8. Hasil Analisis Laju Pembakaran Biobriket Campuran Batubara Dan Kayu Bakau	115
9. Gaji Pegawai	122
10. Aturan depresiasi sesuai UU Republik Indonesia No. 17 Tahun 2000	124
11. Perhitungan Biaya Depresiasi sesuai UU RI No. 17 Tahun 2000 ..	124

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Batubara Sinjai	10
2. Briket Batubara Tipe Yontan	18
3. Briket Batubara Tipe Formula <i>Egg</i>	19
4. Briket Batubara Tipe Alfianto	20
5. Kayu Bakau	27
6. Arang Aktif.....	31
7. <i>Fly Ash</i> Batubara	47
8. Kerangka Pikir Penelitian	49
9. Alur Penelitian	52
10. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Batubara Site Sinjai Yang Berasal Dari Desa Kaloling Dan Kayu Bakau Di Desa Mangarabombang, Kabupaten Sinjai Timur, Sulawesi Selatan	55
11. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Batubara Site Kaliorang, Sangata dan Paser	55
12. Alat Pirolisis	57
13. Bagan Alir Proses Pembuatan Biobriket Secara Umum	59
14. Bagan Alir Analisis Karakterisasi Blanko/ Bahan Baku Batubara Dan Kayu Bakau	60
15. Bagan Alir Proses Pembuatan Biobriket Campuran Batubara Dan Kayu Bakau Dengan <i>Fly Ash</i> Batubara Serta Sagu Sebagai Perekat	61
16. Alat Peremuk (<i>Crushing</i>) ..	63
17. Alat Penggerusan (<i>Ball Mill</i>)	63
18. <i>Seiving</i> Dan Mortar.....	66
19. Furnice.....	67
20. Desicator	68

21. Alat <i>Dual Range Sulfur Analyzer (Sc-144dr)</i>	70
22. <i>Bomb Calorimete</i>	73
23. Grafik Hasil Analisis Proksimat Batubara Dan Arang Kayu Bakau...	92
24. Grafik Kadar Sulfur Batubara Dan Arang Kayu Bakau	94
25. Grafik Kadar Karbon Batubara Dan Arang Kayu Bakau	95
26. Grafik Nilai Kalor Batubara Dan Arang Kayu Bakau	96
27. Hasil Analisis Proksimat Variasi Variasi Campuran Batubara Dan Arang Kayu Bakau	97
28. Hasil Analisis Kadar Sulfur Variasi Campuran Batubara Dan Arang Kayu Bakau	98
29. Hasil Analisis Kadar Karbon Variasi Campuran Batubara Dan Arang Kayu Bakau	99
30. Hasil Analisis Nilai Kalor Variasi Campuran Batubara Dan Arang Kayu Bakau	100
31. Hasil Analisis Proksimat Biobriket Campuran Batubara Dan Arang Kayu Bakau	101
32. Hasil Analisis Kadar Sulfur Biobriket Campuran Batubara Dan Arang Kayu Bakau	102
33. Hasil Analisis Nilai Kalor Biobriket Campuran Batubara Dan Arang Kayu Bakau	103
34. Difraktogram Sampel Biobriket Arang Kayu Bakau (AKB)	104
35. Difraktogram Sampel Biobriket Batubara Indemix Coalindo (IC)	105
36. Difraktogram Sampel Biobriket Campuran Batubara Indemix Coalindo (IC) Dan Arang Kayu Bakau (AKB)	106
37. Difraktogram Sampel Biobriket Batubara Kideco Jya Agung (KJA)	107
38. Difraktogram Sampel Campuran Biobriket Batubara Kideco Jaya Agung (KJA) dan Arang Kayu Bakau (AKB)	107

39. Difraktogram Sampel Biobriket Batubara Kaltim Prima Coal (KPC)	108
40. Difraktogram Sampel Biobriket Campuran Batubara Kaltim Prima Coal (KPC) Dan Arang Kayu Bakau (AKB)	109
41. Difraktogram Sampel Biobriket Batubara Sinjai (Sin)	110
42. Difraktogram Sampel Biobriket Batubara Sinjai (Sin) Dan Arang Kayu Bakau (AKB)	110
43. Grafik Drop Test Kekuatan/ Ketahanan Biobriket Terhadap Persentase Komposisi Perekat Pada Biobriket	116
44. Hasil Analisis Kadar Emisi No ₂ Biobriket	117
45. Hasil Analisis Kadar Emisi Co ₂ Biobriket	117
46. Grafik BEP (Break Event Point) dengan asumsi 10% /tahun	140

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Analisis karakterisasi bahan baku/ blanko barubara dan arang kayu bakau.	182
2. Analisis Karaketisasi Campuran Bahan Baku Barubara Dan Arang Kayu Bakau	183
3. Analisis Fisik Biobriket Campuran Batubara Dan Kayu Bakau	184
4. Hasil Analisis Uji Kekuatan/ ketahanan biobriket	185
5. Persentase Kandungan Mineral Hasil X-Ray Diffraction (Xrd) Biobriket	186
6. Kandungan Geokimia Biobriket Campuran batubara dan kayu bakau dengan menggunakan XRF.....	187
7. Analisis Ekonomi Biobriket	188
8. Foto Lokasi Pengambilan Sampel Batubara Di Sinjai	194
9. Foto Alat Analisi di Laboratorium	195
10. Foto Sampel Hasil Analisis	197

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, Indonesia menghadapi permasalahan dalam penyediaan energi diakibatkan kebutuhan energi nasional yang besar dan meningkat setiap tahun. Sementara itu, cadangan minyak bumi dan produksi BBM Indonesia semakin terbatas, sehingga sejak beberapa tahun terakhir nilai impor minyak bumi dan BBM di Indonesia semakin meningkat. Jumlah cadangan sumber daya energi gas alam dan minyak bumi semakin menipis dan tingginya penggunaan serta pemanfaatannya, maka perlu dilakukan berbagai upaya untuk mencari sumber energi alternatif yang lebih ekonomis dan melimpah.

Dalam menghadapi era globalisasi seharusnya negara berkembang dapat terus memasok sumber energi yang aman dan terjangkau serta memenuhi kebutuhan energi yang lebih bersih dan polusi yang rendah untuk meningkatkan penekanan pada ketahanan lingkungan hidup. Dalam waktu 30 tahun ke depan, diperkirakan kebutuhan energi global akan semakin meningkat sebesar hampir 60%. Dua pertiga dari kenaikan tersebut berasal dari negara-negara berkembang. Pada tahun 2030 negara-negara tersebut akan berjumlah hampir setengah dari seluruh kebutuhan energi (Iryani & Marzuki, 2016).

Batubara merupakan salah satu sumber daya alam paling berpotensi yang dapat digunakan dan dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif

untuk mencukupi kebutuhan rumah tangga maupun industri. Di Indonesia batubara merupakan sumber daya yang sangat melimpah khususnya di Kalimantan dan Sulawesi. Namun dalam segi pemanfaatannya untuk energi skala rumah tangga dan industri kecil masih belum maksimal (Pratiwi, dkk., 2012). Dengan demikian, diperlukan upaya untuk meningkatkan utilisasi penggunaan batubara demi mengurangi ketergantungan masyarakat pada minyak mentah dan meminimalisir hilangnya hutan oleh pengguna kayu di dalam negeri.

Pada pembuatan biobriket batubara diperlukan bahan tambahan sebagai bahan campuran agar batubara dapat mudah terbakar pada saat penyalaan. Salah satu bahan yang dapat dijadikan bahan campuran biobriket seperti biomassa yang sebagian besar berasal dari bahan organik yaitu dengan memanfaatkan kayu atau campuran biomassa lainnya yang berasal dari limbah organik. Pemanfaatan biobriket masih sangat jarang digunakan khususnya di Indonesia, hal ini dikarenakan masyarakat masih lebih memilih menggunakan kayu, arang kayu, dan gas LPG sebagai pengganti minyak tanah. Akan tetapi seiring dengan waktu lama-kelamaan terjadi kelangkaan gas serta banyaknya penebangan hutan yang dapat memungkinkan masyarakat akan beralih ke energi alternatif (Pratiwi, dkk., 2012).

Biomassa ialah bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi dalam skala kecil hingga yang besar. Biomassa disebut juga sebagai "*fitomassa*" dan sering diterjemahkan sebagai *bioresources*

atau sumber daya yang diperoleh dari hayati (Yokoyama, 2008). Biomassa dapat digunakan secara langsung atau tanpa melalui proses pengarangan terlebih dahulu. Namun, pemanfaatan biomassa secara langsung kurang efisien karena energi yang terpakai kurang dari 10%. Pada pembuatan bioarang yang melalui proses pengarangan/ pirolisis dapat meningkatkan jumlah kalori, sebagai gambaran kalori yang dihasilkan dari pembakaran kayu yang tadinya hanya menghasilkan kalori 3.300 kal/gr, setelah melalui proses pengarangan/ pirolisis maka jumlah kalori akan mengalami peningkatan mencapai 5.000 kal/gr (Setiawan, 2007).

Bioarang merupakan salah satu jenis bahan bakar yang terbuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, dan limbah pertanian lainnya. Bioarang ini dapat digunakan sebagai bahan bakar yang tidak kalah dari bahan bakar sejenis yang lain. Akan tetapi, untuk memaksimalkan pemanfaatannya, bioarang ini masih harus melalui proses pengolahan sehingga dapat dijadikan biobriket (Sucipto, 2012). Biobriket ialah gumpalan-gumpalan atau batangan-batangan arang yang terbuat dari bioarang (bahan lunak). Bioarang yang sebenarnya termasuk bahan lunak yang dengan proses tertentu dapat diolah menjadi bahan arang keras (Sitompul, 2011).

Salah satu biomassa yang dapat dikonversi menjadi bioarang ialah kayu bakau karena memiliki kualitas terbaik untuk dijadikan kayu bakar/ bioarang. Kayu bakau merupakan biomassa bermutu tinggi dapat menghasilkan panas yang sangat baik, tahan lama pada saat dibakar dan

menghasilkan arang yang baik (Masthura & Zulkarnain, 2018). Berdasarkan penelitian Thamrin (2010), menggunakan kombinasi kayu bakau dan kayu rumbai dalam pembuatan biobriket yang menghasilkan nilai kalor 6089,33 - 6037,02 kal/gram sehingga dapat memenuhi standar nilai kalor Jepang yakni 6000 - 7000 kal/gram serta kadar karbon yang tinggi dan kadar air yang rendah sehingga kayu bakau sangat layak untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

Arang yang telah terbentuk kemudian dihancurkan dan dicampur dengan perekat sagu dan tepung kanji untuk menghasilkan biobriket sesuai yang diinginkan. Tepung sagu adalah bahan yang memiliki kandungan pati (80,4%) cukup tinggi, sehingga memiliki gaya kohesi dari gelatinisasi patinya yang cukup baik sebagai perekat (Saleh, 2010). Kelebihan yang dimiliki biobriket pada umumnya yaitu memiliki tekstur yang keras, tidak mudah pecah, aman bagi manusia dan lingkungan, dan juga memiliki sifat-sifat penyalaan yang baik, diantaranya adalah; mudah menyala, waktu menyala cukup lama dan tidak menimbulkan jelaga serta asap (Jamilatun, 2011).

Abu terbang (*fly ash*) batubara mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili mikron) 5 –27% dengan *specific gravity* antara 2,15 – 2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Abu terbang (*fly ash*) batubara mengandung silika dan alumina sekitar 80% dengan sebagian silika berbentuk amorf. Karakterisasi *fly ash* batubara antara lain densitasnya 2,23 gr/cm³, kadar air sekitar 4% dan komposisi mineral yang dominan adalah α -kuarsa dan *mullite*. Selain itu abu batubara

mengandung $\text{SiO}_2 = 58,75\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 25,82\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5,30\%$, $\text{CaO} = 4,66\%$, alkali = $1,36\%$, $\text{MgO} = 3,30\%$ dan bahan lainnya = $0,81\%$ (Munir, 2008). Abu terbang (*fly ash*) batubara tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida silika (SiO_2) yang dikandung di dalam abu batubara akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan akan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat (Aisyah & Purnamawati, 2012).

Pada penelitian ini batubara dan kayu bakau dipilih sebagai bahan biomassa yang kemudian dicampurkan dengan sagu dan *fly ash* batubara sebagai bahan perekat untuk dibuat menjadi produk biobriket. Pemilihan ini karena batubara jumlahnya sangat berlimpah serta masih belum optimal dimanfaatkan dalam skala rumah tangga maupun industri kecil seperti pedagang makanan yang membutuhkan panas terus menerus dan suhu yang tinggi. Penggunaan kayu bakau yaitu untuk meminimalisir penggunaan arang kayu sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah. Analisis bahan baku, analisis kinerja yaitu: uji fisik, analisis proksimat, ultimat dan kuat tekan, pembakaran, emisi gas dalam segi ekologi, serta kelayakan pasar/ analisis ekonomi dilakukan pada biobriket campuran ini sehingga dapat berpotensi menjadi bahan bakar alternatif di masa akan datang.

1.2 Perumusan Masalah

a. Bagaimana kinerja biobriket campuran antara batubara dan kayu

- bakau dengan tepung sagu serta *fly ash* batubara sebagai perekat dengan berbagai variasi sehingga dapat memenuhi standar SNI?
- b. Jenis apa dan berapa jumlah kadar emisi yang dihasilkan dari pembakaran biobriket pada lingkungan?
 - c. Bagaimana kelayakan ekonomi biobriket sebagai bahan bakar alternatif pada level rumah tangga dan industri sehingga dapat memiliki daya saing dengan biobriket arang yang ada di pasaran?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Menemukan formulasi baru yang ideal sehingga diperoleh produk biobriket dengan kualitas kinerja terbaik, ramah lingkungan dan dapat memenuhi nilai kalori sebesar 5000 s/d 6300 kal/gr berdasarkan Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- b. Menghasilkan produk biobriket bersih serta ramah lingkungan yang memenuhi standar baku mutu lingkungan.
- c. Menghasilkan produk biobriket yang bernilai ekonomis dan memiliki nilai daya saing dibandingkan produk biobriket di pasaran khususnya pada penggunaan rumah tangga, pengusaha, industri-industri dan pembangkit listrik (PLN) sebagai co-firing.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Masyarakat: memberikan informasi baru serta pengetahuan tentang manfaat dan kegunaan biobriket yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis untuk dijadikan sebagai salah satu sumber energi alternatif

- pengganti kelangkaan minyak tanah dan gas di masa akan datang.
- b. Bagi industri: khususnya di industri kecil, restaurant dan pembangkit listrik (PLN), seperti para pedagang yang membutuhkan pemanasan tinggi secara terus menerus (durasi/ waktu yang lama), yang sebelumnya menggunakan kayu bakau sebagai bahan bakar dapat beralih menggunakan biobriket, sehingga mengurangi penggunaan kayu bakau sebagai bahan bakar utama.
 - c. Manfaat secara ilmiah ialah dapat mengetahui karakteristik produk biobriket campuran batubara dan kayu bakau dengan sugu serta *fly ash* batubara sebagai perekat.

1.5 Ruang Lingkup/ Batasan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa Laboratorium Universitas Hasanuddin, di laboratorium Politeknik Negeri Ujung Pandang, di laboratorium Universitas Muslim Indonesia dan di Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Makassar serta di salah satu perusahaan lokasi pengambilan sampel batubara.

Penelitian ini berupa analisis bahan baku hingga pengujian biobriket akan dilakukan di beberapa laboratorium agar diperoleh data yang lebih valid dan akurat. Penelitian lapangan yang dilakukan di salah satu perusahaan tempat pengambilan sampel batubara bertujuan untuk mengetahui karakteristik batubara secara fisika dan kimia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara merupakan salah satu sumber daya alam yang berpotensi tinggi sebagai energi alternatif guna mencukupi kebutuhan energi non migas untuk industri, pembangkit tenaga listrik dan kebutuhan energi lainnya. Batubara memiliki nilai strategis dan potensial untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan dalam negeri. Untuk itu perlu adanya kegiatan eksplorasi dan pemanfaatan sumber daya batubara demi kesejahteraan rakyat.

Selain minyak tanah dan gas bumi, batubara merupakan salah satu sumber energi utama yang saat ini penggunaan batubara secara global sebagian besar masih didominasi oleh pembangkit listrik. Penggunaan lain dari batubara ialah produksi kokas sebagai bahan reduktor untuk kebutuhan industri besi dan baja (Widodo, dkk., 2016); (Koesoemadinata, 2000); (Ward & Ruiz, 2008). Batubara juga telah digunakan secara intensif sebagai bahan bakar pada pabrik semen yang tersebar di Indonesia. Dengan menipisnya cadangan minyak bumi, diperkirakan pemakaian batubara akan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan permintaan pasar akan kebutuhan bahan bakar. Endapan batubara memiliki kandungan *coal bed methane* (CBM) yang berpotensi dapat dikembangkan sebagai bahan bakar untuk keperluan rumah tangga dan industri (Chalmers & Bustin, 2007).

Batubara adalah bahan bakar alternatif dengan cadangan melimpah

di Indonesia yaitu di Sumatera, Kalimantan dan sebagian kecil terdapat di Jawa Barat, Papua dan Sulawesi Selatan maupun Barat yang cukup berpotensi. Namun batubara yang terdapat di Sulawesi Selatan hingga saat ini masih belum dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena kandungan sulfurnya cukup tinggi, pirit mencapai hingga 3% serta mayoritas kadar air tinggi dan nilai kalor rendah dibandingkan dengan batubara yang terdapat di Kalimantan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada alat pembakaran dan dapat menimbulkan pencemaran udara terhadap lingkungan, kecuali terlebih dahulu dilakukan proses desulfurisasi sebelum proses pembakaran (*precombustion*) (Ehrhardt, dkk., 1999); (Widodo, dkk., 2016); (Iryani dan Marzuki, 2016).



Gambar 1. Batubara Sinjai

Secara geologi, endapan batubara di Sulawesi Selatan terdapat pada batuan sedimen Formasi Malawa dan Formasi Toraja yang berumur Paleogen serta batuan sedimen vulkanik klastik berumur Neogen seperti pada Formasi Walanae (Sufriadin, dkk, 2016). Batubara tersebar di

Kabupaten Enrekang, Barru, Soppeng, Pangkep, Maros, dan Bone, sedangkan batubara Neogen dijumpai di Desa Bulupoddo dan Bongki, Kabupaten Sinjai. Menurut hasil penelitian Sufriadin, dkk, (2016) batubara yang terdapat di Kabupaten Sinjai (Gambar 1) menghasilkan kadar abu dengan nilai sedang dan tinggi sedangkan total kandungan sulfur yang cukup rendah (<1%) termasuk kategori *low sulfur coal* sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik dan semen namun tidak untuk sebagai bahan baku kokas atau pencairan batubara.

Batubara merupakan mineral bahan bakar yang berasal dari sisa tumbuhan yang telah tertimbun dalam tanah pada jangka waktu yang lama bahkan sampai ratusan tahun dan telah mengalami proses kimia dan proses fisika karena perubahan suhu, waktu, tekanan dan adanya bakteri pembusuk. Batubara merupakan endapan batuan berlapis-lapis yang bersifat kompak dan dapat dibakar. Batubara dibagi dalam peringkat kelas yaitu lignit, subbituminus, bituminus dan antrasit, klasifikasi didasarkan atas peringkat umur dan komposisi serta tipe mineralnya (Pratiwi, dkk, 2012).

Pada era Indonesia merdeka, pertambangan mineral di Kalimantan dengan pola Penanaman Modal Asing dimulai dengan kontrak karya Generasi III. Perusahaan yang mendapat izin pada kontrak karya Generasi III ini adalah PT Indo Muro Kencana di Kalimantan Tengah dan PT Kelian Equatorial Mining di Kalimantan Timur. Pertambangan batubara dimulai pada Generasi oleh Adaro dan Arutmin di Kalimantan Selatan, sementara di Kalimantan Timur oleh Berau Coal, Indominco Mandiri,

Kaltim Prima Coal, Kideco Jaya Agung, Multi Harapan Utama, Tanito Harum. Hadirnya pertambangan batubara di Kalimantan Timur tidak lepas dari keluarnya Undang-Undang No. 1 Tahun 1967 tentang Penanaman Modal Asing. Undang-undang ini sangat pro-investasi asing karena pemerintah memberikan berbagai fasilitas dengan maksud agar investor asing kembali tertarik berinvestasi di Indonesia setelah pada masa pemerintahan Orde Lama (Siburian, 2012).

Kualitas cadangan batubara yang ada di bumi Kalimantan Timur merupakan yang terbaik di antara cadangan batubara yang ada di provinsi lain di Pulau Kalimantan itu sendiri. Batubara disebut berkualitas baik apabila nilai kalori (*calorific value*) yang dikandungnya mencapai di atas 5.000 kcal/kg (*kilocalorific/* kilogram). Jumlah cadangan batubara yang dimiliki oleh Provinsi Kalimantan Timur tercatat 2.071,68 juta ton; di mana sekitar 1.064,82 juta ton berada di kelas berkalori tinggi; 941,62 juta ton, berkalori sedang; 65,24 juta ton, berkalori sangat tinggi, dan jumlah batubara berkalori rendah adalah nihil (Tim Kajian Batubara Nasional 2006).

Tingkat kalori batubara juga menjadi indikator usia dari sumber daya tersebut. Apabila nilai kalori batubara semakin tinggi maka semakin tua usia batubara tersebut dan sebaliknya semakin rendah nilai kalorinya semakin muda pula usia batubaranya. Hanya saja, nilai kalori batubara yang berada pada kelas sangat tinggi sesungguhnya tidak terlalu diharapkan karena kandungan batubara yang berada pada lapisan tanah relatif tipis sehingga secara ekonomis kurang menguntungkan untuk

dieksploitasi. Kemungkinan besar nilai investasi yang dikeluarkan untuk mengeksploitasi batubara itu jauh lebih besar daripada nilai ekonomi yang diperoleh apabila dilakukan eksploitasi.

Nilai kalori batubara dari tingkat sedang hingga ke tinggi inilah kualitas yang dapat memenuhi standar pasar internasional, terutama yang ditujukan kepada negara-negara maju. Sementara batubara yang berasal dari tempat lain, nilai kalorinya kurang dari angka tersebut sehingga kurang diminati oleh konsumen manca negara. Batubara kualitas rendah yang tidak untuk ekspor lebih banyak dikonsumsi untuk pemenuhan energi dalam negeri. Berdasarkan kualitas batubara dari Kalimantan Timur yang berada di atas rata-rata, maka batubara dari provinsi yang dikenal dengan Bumi Etam ini lebih banyak diekspor daripada dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri (Siburian, 2012).

Produksi batubara Kalimantan Timur menyumbang sekitar 60% sampai 70% produksi nasional. Produksi tahun 2010 saja dari perusahaan pemilik izin PKP2B (Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara adalah perjanjian antara pemerintah dengan swasta modal asing untuk melaksanakan penambangan batubara) mencapai 139.020.363 metrik ton (MT), dengan jumlah ekspor 37.607.344 MT atau sekitar 71,3%, sementara untuk kebutuhan dalam negeri hanya 37.607.344 MT atau 28,7% saja. Adapun produksi perusahaan pemilik izin usaha pertambangan IUP untuk tahun 2010 itu adalah 13.847.564 MT (Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Timur, 2011). Kondisi ini juga menjadi ancaman bagi lingkungan dan pangan. Berikut daftar Potensi

sumber daya mineral di Provinsi Kalimantan Timur pada akhir tahun 2007 pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Daftar Potensi Sumber Daya Mineral Di Provinsi Kalimantan Timur pada Akhir 2007

Jenis Bahan Galian	Cadangan	Satuan	Keterangan
Minyak Bumi	1.176.21	MMSTB	
Gas Bumi	47.746,21	BSCF	
Batubara	4.510.758.392	Ton	

Jenis Bahan Galian	Cadangan	Satuan	Keterangan
Kaolin	9.029.812	Ton	Al ₂ O ₃ = 11,16 - 42,04 %
Kristal Kuarsa	6.000.000	Ton	Hipotetik
Paser Kuarsa	39.527.239.000	Ton	SiO ₂ 98,70 - 99,61 %
Fosfat	1.680	Ton	

Sumber: Bappeda Provinsi Kalimantan Timur 2011 (Siburian, 2012)

Berikut komponen-komponen yang terdapat dalam batubara:

- a) Lignin merupakan suatu unsur yang memegang peranan penting dalam merubah susunan sisa tumbuhan menjadi batubara.
- b) Gula atau monosakarida merupakan alkohol polihirik yang mengandung antara lima sampai delapan atom karbon.
- c) Protein merupakan bahan organik yang mengandung nitrogen yang selalu hadir sebagai protoplasma dalam sel makhluk hidup.
- d) Resin merupakan material yang muncul apabila tumbuhan mengalami luka pada batangnya.
- e) Tanin umumnya banyak ditemukan pada tumbuhan, khususnya pada bagian batangnya.
- f) Alkaloida sendiri terdiri dari molekul nitrogen dasar yang muncul dalam bentuk rantai.

- g) Porphirin ialah suatu struktur siklik yang terdiri atas empat cincin pyrolle yang tergabung dengan jembatan methin.
- h) Hidrokarbon unsur ini terdiri atas bisiklik alkali, hidrokarbon terpenting dan pigmen kartenoid.
- i) Konstituen tumbuhan yang anorganik (Mineral) secara umum mineral ini dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu unsur mineral inheren dan unsur mineral eksternal.
- j) Air dalam batubara dibagi menjadi dua bagian yaitu air bebas (*free moisture*) dan air lembab (*moisture air dryer*).
- k) Abu yang terbentuk pada pembakaran batubara berasal dari mineral-mineral yang terikat kuat pada batubara seperti silika, titan, dan oksida alkali. Abu yang terbentuk ini diharapkan akan keluar sebagai sisa pembakaran batubara tersebut (Pratiwi, dkk, 2012).

2.1.1 Briket batubara

Briket batubara adalah bahan bakar padat dengan bentuk dan ukuran tertentu yang tersusun dari butiran batubara halus yang telah mengalami proses penempatan dengan daya tekan tertentu sehingga bahan bakar tersebut lebih mudah ditangani dan menghasilkan nilai tambah dalam pemanfaatannya.

Dari hasil penelitian Okafor dan Anyanwu (2015), dengan teknologi dan proses pembuatan biobriket batubara dalam memproduksi bahan bakar biobriket tanpa asap dimulai dari proses pengeringan, penyaringan, penghancuran dan karbonisasi untuk menghilangkan volatil pengganggu.

Mesin *press* yang digunakan dalam pembuatan biobriket batubara ini dikembangkan oleh Pusat Penelitian Energi Universitas Nigeria. Didapatkan tiga sampel biobriket yang berbeda-beda dari batubara sub-bituminous, kemudian dihancurkan, disaring, dikarbonisasi pada suhu sekitar 550°C, dicampurkan dengan perekat pati dan dipadatkan di bawah tekanan 9 N/mm². Akan tetapi briket yang dihasilkan masih memiliki kualitas yang kurang baik. Nilai kalor yang diperoleh masih relatif rendah dengan waktu nyala yang tinggi dan tingkat pembakaran yang rendah. Kandungan air dan volatil dari biobriket cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pengikat pati sehingga kadar abu yang dihasilkanpun menurun. Nilai kalor dan kandungan karbon dari biobriket menurun yang disebabkan oleh penurunan kandungan batubara dari biobriket, yang memiliki nilai kalori dan karbon aktif lebih tinggi (Okafor & Anyanwu, 2015).

Menurut penelitian Jittabut (2015), pada pembuatan biobriket dengan memvariasikan sekam padi dan daun tebu serta tetes tebu sebagai bahan perekat maka dapat ditentukan sifat fisik dan sifat termal pada biobriket. Sifat fisik ialah berupa kepadatan biobriket, kuat tekan dan kadar air yang terkandung pada biobriket dan sifat termal bahan bakar. Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh densitas, nilai pemanasan yang tinggi dan kuat tekan sehingga dapat diketahui sifat termal dan karakteristik fisikokimia. Pemanfaatan limbah sangat berpotensi untuk dijadikan produk biobriket sebagai bahan bakar alternatif dalam beberapa metode dan aplikasi.

Menurut Akowuah, dkk., (2012) dengan semakin berkurangnya pendistribusian bahan bakar yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, maka perlu adanya upaya pemanfaatan limbah biomassa. Dengan memanfaatkan limbah biomassa menjadi biobriket maka dapat meminimalisir penggunaan kayu bakar dan arang kayu sebagai bahan bakar serta dapat mengurangi penebangan hutan. Biobriket dapat dimanfaatkan sebagai pengganti kayu bakar dan arang kayu yang lebih efektif dalam skala rumah tangga baik di perkotaan maupun pedesaan dan di industri-industri. Menurut survei Di Ghana sekitar 60% dari rumah tangga dan industri khususnya di perhotelan kemungkinan akan beralih menggunakan biobriket sebagai bahan bakar alternatif dan sekitar 93% responden bersedia untuk beralih menggunakan biobriket apabila lebih ekonomis dibandingkan dengan arang kayu.

2.1.2 Jenis-jenis dan proses pembriketan batubara

Jenis-Jenis Briket Batubara

Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan maka berdasarkan tipe, dapat dibagi menjadi beberapa jenis formula yaitu:

a) Formula Yontan

Nama yontan merupakan sebuah nama tempat di Korea yang kemudian digunakan sebagai nama salah satu jenis tipe biobriket batubara. Ciri khas dari tipe ini ialah memiliki ukuran yang khusus yang dimana tipe ini berbentuk silinder dengan garis tengah dengan ukuran 150

mm, tinggi 142 mm, berat 3,5 kg dan memiliki lubang yang saling sejajar sepanjang bentukan silinder kurang lebih 22 lubang, dimana lubang tersebut berfungsi sebagai tempat “perangkap” (oksigen yang berasal dari udara) sehingga dapat mempermudah proses pembakaran yang dapat dilihat pada Gambar 2. Beberapa peneliti telah memodifikasi bentuk ini dan jumlah lubang biobriket tipe ini namun secara pengujian teknis dan durasi penyalaan serta nilai kalor yang dihasilkan sejauh ini belum pernah dilakukan.

Gambar 2. Briket Batubara Tipe Yontan

b) Formula *Egg*

Bentuk tipe ini seperti telur, dengan ukuran lebar 32 - 39 mm, panjang 46 - 58 mm dan lebar 20 – 24 mm. Dengan tipe formula ini digunakan lempung sebagai bahan perekat (pati *cassava*) kurang lebih sebanyak 7% yang dapat dilihat pada Gambar 3. Dalam sejauh ini praktek penelitian untuk mempermudah awal penyalaan maka biobriket perlu dibasahi dengan menggunakan minyak tanah. Tempat proses pembakaran biobriket jenis formula ini perlu dibuatkan tungku yang khusus sehingga umpan udaranya dapat diatur sedemikian rupa yaitu dengan cara memperkecil atau memperbesar lubang dengan katup yang

telah disediakan.



Gambar 3. Briket Batubara Tipe Formula *Egg*

c) Formula Alfianto

Nama Alfianto, 2006 berasal dari nama seorang mahasiswa pascasarjana Magister Geologi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, yang telah membuat jenis formula batubara dengan bentuk yang sedikit unik. Bentuk biobriket ini menyerupai lensa yang berukuran seperti sabun mandi hotel dengan ukuran diameter 50 mm, ketebalan di tengah berkisar 20 mm. Jenis formula ini terbuat dari serbuk batubara yang telah dihaluskan kemudian dibentuk dengan ukuran butir sekitar 0,25 mm yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada percobaan ini dibuat menggunakan batubara jenis sub-bituminus yang diperoleh dari Gunung Bakaran Balikpapan, Kalimantan Timur. Kemudian Dicampur dengan sekam padi dan serbuk gergaji kayu digunakan sebagai pemantik (penyalan awal) serta tepung kanji dan lempung dan berfungsi sebagai perekat sedangkan air sebagai pengikat atau penghomogen. Hal-hal yang diamati meliputi lama waktu penyalan, suhu pembakaran, durasi nyala, warna nyala api, warna asap, dan aroma gas yang dihasilkan.



Gambar 4. Briket Batubara Tipe Alfianto

d) Formula Arson

Formula jenis ini juga telah dibuat oleh Arson 2008, seorang mahasiswa pascasarjana Magister Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada dengan betuk yang sama dengan jenis formula Alfianto karena menggunakan mesin cetak biobriket ciptaan Alfianto akan. Akan tetapi pada penelitian ini menggunakan bahan baku tambahan yaitu menggunakan limbah kelapa sawit (Sukandarrumidi, 2009).

2.1.3 Proses pembriketan batubara

Proses pembriketan batubara secara umum ialah sebagai berikut:

- a. Pada proses pengeringan batubara ini dilakukan melalui dua cara yaitu: pengeringan secara langsung dengan menggunakan (pengeringan *fly ash* dengan menggunakan gas panas) atau pengeringan secara tidak langsung (pengeringan *disk* dengan menggunakan panas uap). Pada tahap ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung yang sangat dapat mempengaruhi kekuatan biobriket pada saat penyalaan dan pembakaran.
- b. *Crushing*, proses ini dapat dilakukan sebelum maupun sesudah proses

skrinig. Proses ini untuk menghancurkan batubara menjadi ukuran lebih kecil sekitar <1-4 mm sehingga mempermudah dalam membentuk dan memadatkan partikel batubara yang menghasilkan biobriket yang kuat dan panas yang tinggi.

- c. *Binder*, pada proses pembriketan bisa saja menggunakan atau tanpa menggunakan perekat, akan tetapi sulit untuk mencetak dan kuat tekan yang dihasilkan tidak baik (Okafor dan Anyanwu, 2015).
- d. Devolatilisasi, atau biasa dikenal dengan istilah pirolisis/ pengarangan, proses ini digunakan apabila batubara yang digunakan memiliki jumlah kadar air yang tinggi dengan cara melalui proses karbonisasi sehingga biobriket dapat mudah terbakar dan menghasilkan nyala yang besar.

Proses menghilangkan belerang yang terkandung dalam batubara, belerang yang merupakan zat pengotor yang paling banyak terkandung dalam batubara. Sekitar 70% belerang yang terkandung dalam batubara, dengan menghilangkan belerang dalam batubara maka briket yang dihasilkan bersih dari kadar emisi sulfur oksida sehingga tidak menghasilkan asap yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu cara efektif untuk menghilangkan kadar sulfur yang tinggi ialah dengan cara pencucian dan diolah secara kimia. Kandungan belerang yang terdapat pada batubara juga dapat dikurangi melalui proses karbonisasi dengan mengubah menjadi gas *hydrogen sulfide*.

Proses karbonisasi batubara, menggunakan batubara mentah dan tidak diolah terlebih dahulu dapat menghasilkan kadar emisi yang cukup tinggi sehingga dapat berdampak pada lingkungan maupun kesehatan

seluruh makhluk hidup. Pada saat pembakaran batubara dapat melepaskan bahan organik mudah menguap yang mengandung sulfur, nitrogen oksida, partikulat dan beberapa elemen yang tertinggal sehingga sangat berdampak pada kesehatan. Proses karbonisasi ini menghasilkan asap yang ringan/ tipis secara signifikan sehingga dapat mengurangi dampak buruk yang akan ditimbulkan dibandingkan dengan pembakaran batubara mentah atau tanpa diolah terlebih dahulu

2.2 Bioarang

Bioarang adalah arang (salah satu jenis bahan bakar) yang dibuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, dan limbah pertanian lainnya. Bioarang ini dapat digunakan sebagai bahan bakar yang tidak kalah dari bahan bakar sejenis yang lain. Akan tetapi, untuk memaksimalkan pemanfaatannya, bioarang ini masih harus melalui sedikit proses pengolahan untuk menjadi biobriket arang (Sucipto, 2012).

Setiawan (2007) dan Erikson (2012) menyatakan biobriket arang mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan arang biasa (konvensional) antara lain:

- a) Bioarang menghasilkan panas pembakaran yang lebih tinggi.
- b) Asap yang dihasilkan lebih sedikit.
- c) Bentuk dan ukuran bioarang seragam karena dibuat dengan alat pencetak.
- d) Bioarang dapat tampil lebih menarik karena bentuk dan ukurannya

dapat disesuaikan keinginan pembuat.

e) Proses pembuatannya menggunakan bahan baku yang tidak menimbulkan masalah pada lingkungan.

2.2.1 Briket bioarang

Semakin bertambahnya penduduk di Indonesia dan industri yang berkembang sehingga permintaan akan kebutuhan energi semakin bertambah sedangkan sumber energi semakin menipis khususnya minyak bumi. Berbagai penelitian telah dilakukan oleh para ilmuwan dunia untuk dapat mengatasi ketergantungan penduduk negaranya terhadap sumber energi yang tak terbarukan seperti misalnya memanfaatkan biomassa menjadi sumber energi alternatif. Sumber energi biomassa dapat diperoleh dari hasil limbah, pertanian dan hutan (LIPI, 2014)).

Biobriket arang ialah proses konversi limbah pertanian dan hutan menjadi produk biobriket yang bentuknya beragam sehingga mudah digunakan. Biobriket arang merupakan sumber penting dari energi selama perang dunia pertama dan kedua untuk menghasilkan energi panas dan memproduksi listrik yang menggunakan teknologi sederhana. Biobriket arang sebagai bahan bakar sangat berkembang pesat karena hasil pembakaran yang dihasilkan bersih dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama tanpa terjadinya degradasi (Raju dkk, 2014).

Selain itu standar yang mengatur kualitas briket saat ini adalah briket arang dengan bahan utamanya kayu, dimana syarat biobriket yang baik dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Standar Kualitas Biobriket Arang

Sifat-sifat briket arang	Jepang	Inggris	USA	Eropa	SNI
Kadar air (%)	6 - 8	3 - 6	6	≤ 15	8
Zat mudah menguap (%)	15 - 30	16,4	19 - 28	-	-
Kadar abu (%)	3 - 6	5,9	8,3	≤ 3	8
Kadar karbon terikat (%)	60 - 80	75,3	60	-	-
Nilai kalori (kal/gram)	6000 - 7000	7289	6240	≥ 3576	5000
Kerapatan (g/cm ³)	1,0 - 1,2	0,46	1	-	0.5 - 06
Keteguhan tekan (kg/cm ²)	60 - 65	12,7	62	-	50

(Sumber: Coford, 2010); (BSN, 2000)

2.2.2 Proses konversi biomassa menjadi bioarang

Proses Pembakaran Langsung

Proses pembakaran langsung adalah proses yang paling mudah dibandingkan dengan proses lainnya, biomassa langsung dibakar tanpa melalui proses-proses tertentu. Cara seperti ini sangat mudah dijumpai di pedesaan Indonesia, masih banyak masyarakat memanfaatkan kayu bakar secara langsung sebagai bahan bakar karena praktis dan mudah mendapatkan, walaupun secara umum efisiensinya masih sangat rendah.

Di industri, model pembakaran langsung juga banyak digunakan terutama untuk produksi listrik seperti di pabrik kelapa sawit dan gula yang memanfaatkan limbahnya sebagai bahan bakar. Biomassa dapat dibakar dalam bentuk serbuk, biobriket, ataupun batangan yang disesuaikan

dengan penggunaan dan kondisi biomassa (Gandhi, 2009).

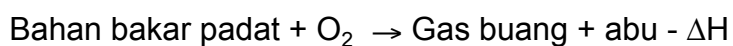
Proses Gasifikasi

Prinsip gasifikasi pada dasarnya adalah usaha penggunaan bahan bakar padat yang terlebih dahulu diubah menjadi bentuk gas. Pada proses gasifikasi ini, biomassa dibakar dengan udara terbatas sehingga gas yang dihasilkan sebagian besar mengandung karbon monoksida.

Keuntungan proses gasifikasi ini adalah dapat memanfaatkan biomassa yang mempunyai nilai kalor yang relatif rendah dan kadar air yang cukup tinggi. Efisiensi yang dapat dicapai melalui teknologi gasifikasi ini ialah sekitar 30-40%. Beberapa metode gasifikasi ini telah dikembangkan seperti *fixed bed* dan *fluidized bed gasifier* (Gandhi, 2009).

Proses Pirolisis/ Karbonisasi

Secara umum pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses atau reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar (*fuel*) dan oksidator dengan menimbulkan panas atau nyala. Reaksi pembakaran bahan bakar padat adalah sebagai berikut:



Proses pembakaran padatan terdiri dari beberapa tahap seperti pemanasan, pengeringan, devolatilisasi dan pembakaran arang. Selama proses devolatilisasi, kandungan volatil akan keluar dalam bentuk gas seperti: CO, CO₂, CH₄ dan H₂ (Jamilatun & Styawan, 2014).

Laju/ kecepatan pembakaran: $-r_A$ atau dm_A/dt , dimana m_A adalah berat biomassa yang terbakar, maka:

$$-r_A = -dm_A/dt = km_A^n$$

Dimana:

k = konstanta laju pembakaran

n = pangkat reaksi

Karbonisasi merupakan suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang, pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH₄, H₂, *formaldehid*, *methana*, *formik* dan *asetil acid* serta zat yang tidak terbakar seperti CO₂, H₂O dan tar cair. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini mempunyai nilai kalor yang tinggi dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi (Jamilatun & Styawan, 2014)

2.3 Kayu bakau

Pohon bakau merupakan salah satu vegetasi yang banyak ditemui di pantai-pantai teluk dangkal, estuaria, delta dan daerah pantai terlindung yang masih dipengaruhi oleh pasang surut. Tumbuhan ini memiliki ciri-ciri yang sangat mencolok berupa akar tunjang yang besar dan berkayu, pucuk yang tertutup daun penumpu yang meruncing, serta buah yang berkecambah serta berakar ketika masih di pohon (*vivipar*).



Gambar 5. Kayu Bakau Sinjai

Hutan bakau di Indonesia memiliki luas sekitar 42.550 km² dengan kurang lebih 45 spesies. Manfaat pohon kayu bakau secara umum ialah mencegah abrasi pantai, menyediakan hasil hutan seperti kayu bakar dan pada penelitian ini dapat digunakan untuk pembuatan biobriket yang berfungsi sebagai biofilter, agen pengikat dan penangkap polusi, serta bahan kimia seperti tanin, bahan obat-obatan dan sebagai tempat perkembang biakan ikan (Danarto, dkk., 2011).

Selain itu mangrove memiliki fungsi utama diantaranya fungsi fisik, biologi dan ekonomi. Fungsi fisik dapat berupa proteksi garis pantai dari hempasan gelombang. Fungsi biologis atau ekologis seperti *feeding ground*, *nursery ground* dan *spawing ground*. Pada sisi ekonomis yang dihasilkan oleh tumbuhan mangrove/ kayu bakau yaitu kayu bangunan, kayu bakar, kayu lapis, bubur kertas, tiang pancang, dan pangan penangkap ikan, dermaga, kayu untuk mebel dan kerajinan tangan.

Jenis kayu bakau tidak hanya memiliki fungsi itu saja akan tetapi dapat diolah menjadi biobriket arang dengan menggunakan variasi campuran batubara dimana kayu bakau tersebut dibuat menjadi biobriket yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

Sebagai bahan bakar, kayu bakau memiliki mutu dan nilai ekonomi rendah dan tidak memiliki standar apabila digunakan sebagai bahan pondasi suatu bangunan. Pemanfaatan kayu bakau yang ekonomis dapat ditingkatkan secara lestari salah satunya dengan pembuatan bahan bakar arang biobriket yang akan terus dikembangkan nilai mutunya. Apabila biobriket yang dihasilkan memiliki nilai kalor yang tinggi tentu saja dapat

menjadi sumber energi alternatif lain bagi masyarakat untuk menanggulangi kondisi penggunaan bahan bakar fosil yang semakin menipis.

Penggunaan energi alternatif berupa biobriket arang dari kayu bakau, menghemat penggunaan kayu sebagai bahan bakar, serta mengurangi pemakaian minyak tanah. Dengan memanfaatkan arang kayu menjadi biobriket maka dihasilkan produk yang bernilai ekonomis sehingga dapat dijadikan *home industry* bagi masyarakat dalam meningkatkan pendapatan (Huda, 2017). Pada penelitian ini kayu bakau diperoleh dari Sulawesi Selatan yang terletak di Kabupaten Sinjai dapat disajikan pada Gambar 5.

Berikut tabel potensi mangrove yang terdapat di Sulawesi Selatan, berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2021 Regional III dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Tabel Potensi Mangrove yang Terdapat di Sulawesi Selatan

KABUPATEN	KERAPATAN	STATUS	LUAS (Ha)
Bantaeng	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	0,538
Bantaeng	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	1,0183
Bantaeng	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	0,618
Barru	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	54,413
Barru	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	247,601
Barru	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	25,256
Bone	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	388,825
Bone	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	476,738
Bone	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	356,096
Bulukumba	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	32,051
Bulukumba	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	44,069
Bulukumba	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	17,348
Jeneponto	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	38,649
Jeneponto	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	20,028
Jeneponto	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	29,327
Kepulauan Selayar	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	99,665
Kepulauan Selayar	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	109,0127

Kepulauan Selayar	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	63,575
Kota Makassar	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	151,857
Kota Makassar	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	54,079
Kota Makassar	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	43,305
Kota Palopo	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	50,850
Kota Palopo	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	29,574
Kota Palopo	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	34,439
Kota Pare Pare	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	0,522
Kota Pare Pare	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	0,155
Luwu	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	224,238
Luwu	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	303,527
Luwu	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	229,855
Luwu Timur	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	603,672
Luwu Timur	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	11,098
Luwu Timur	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	356,733
Luwu Utara	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	428,087
KABUPATEN	KERAPATAN	STATUS	LUAS (Ha)
Luwu Utara	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	493,910
Luwu Utara	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	102,124
Maros	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	107,579
Maros	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	100,797
Maros	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	60,286
Pangkajene Kepulauan	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	87,675
Pangkajene Kepulauan	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	73,575
Pangkajene Kepulauan	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	42,011
Pinrang	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	42,289
Pinrang	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	48,792
Pinrang	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	23,984
Sinjai	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	19,430
Sinjai	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	30,596
Sinjai	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	108,392
Takalar	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	402,282
Takalar	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	46,775
Takalar	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	448,715
Wajo	Mangrove Lebat	Tidak Kritis	231,701
Wajo	Mangrove Sangat Lebat	Tidak Kritis	528,001
Wajo	Mangrove Sedang	Tidak Kritis	31,688
Grand Total			7557,445

2.4 Arang aktif

Arang aktif adalah suatu karbon yang mempunyai kemampuan daya serap yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Beberapa bahan

yang mengandung banyak karbon dan terutama yang memiliki pori dapat digunakan untuk membuat arang aktif. Pembuatan arang aktif dilakukan melalui proses aktivasi arang dengan cara fisika atau kimia di dalam *retort*. Perbedaan bahan baku dan cara aktivasi yang digunakan dapat menyebabkan sifat dan mutu arang aktif berbeda pula (Lempang, 2014).

Arang aktif digunakan antara lain dalam sektor industri (pengolahan air, makanan dan minuman, rokok, bahan kimia, sabun, lulur, sampo, cat dan perekat, masker, alat pendingin, otomotif), kesehatan (penyerap racun dalam saluran cerna dan obat-obatan), lingkungan (penyerap logam dalam limbah cair, penyerap residu pestisida dalam air minum dan tanah, penyerap emisi gas beracun dalam udara, meningkatkan total organik karbon tanah, mengurangi biomassa mikroba dan agregasi tanah) dan pertanian (meningkatkan keberhasilan perbanyakan tanaman secara kultur jaringan dan kesuburan media tanaman serta mencegah pembusukan akar (Lempang, 2014).

Arang aktif dapat dibedakan dengan arang biasa berdasarkan sifat pada permukaannya masing-masing. Permukaan arang biasa masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang menghambat keaktifannya, sedangkan permukaan arang aktif relatif telah bebas dari deposit, permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka, sehingga memiliki daya serap yang tinggi. Untuk meningkatkan daya serap arang, maka bahan tersebut dapat diubah menjadi arang aktif melalui proses aktivasi (Gambar 6) (Lempang, 2014).



Gambar 6. Arang Aktif

Walaupun arang aktif telah digunakan sejak lama, tetapi sampai saat ini secara umum belum banyak masyarakat yang mengetahui cara pembuatan dan kegunaan arang aktif. Beberapa bahan yang mengandung banyak karbon seperti kayu, serbuk gergajian kayu, kulit biji, sekam padi, tempurung, gambut, bagase, batubara, lignit dan tulang binatang dapat dibuat arang aktif. Proses pembuatan arang aktif dilakukan dalam dua tahap.

Tahap pertama adalah proses pemanasan secara langsung atau tidak langsung bahan baku di dalam timbunan, kiln atau tanur untuk menghasilkan arang. Tahap kedua adalah proses aktivasi arang dengan cara fisika atau kimia di dalam *retort* untuk menghasilkan arang aktif. Rendemen pengolahan arang aktif tergantung pada bahan baku dan faktor perlakuan aktivasi (suhu, waktu dan bahan pengaktif). Perbedaan bahan baku dan cara aktivasi yang digunakan dapat menyebabkan sifat dan mutu arang aktif berbeda pula (Lempang, 2014).

Berdasarkan fungsinya arang aktif dibedakan menjadi dua jenis, yaitu arang aktif penyerap gas yang memiliki pori yang berukuran mikropori yang digunakan untuk menyerap material dalam bentuk uap

atau gas dan arang aktif fasa cair yang memiliki pori berukuran makropori yang digunakan untuk menyerap kotoran/ zat yang tidak diinginkan dari cairan atau larutan. Arang aktif yang digunakan antara lain ialah dalam bidang industri, kesehatan, lingkungan dan pertanian (Lempang, 2014).

Adsorpsi merupakan suatu proses dimana suatu partikel terperangkap ke dalam struktur suatu media seolah-olah menjadi bagian dari keseluruhan media tersebut, proses ini di jumpai terutama dalam media karbon aktif (Ketaren dalam Dalimunthe 2009). Kayu bakau adalah salah satu bahan baku yang kualitasnya sangat baik dijadikan karbon aktif.

Berdasarkan produk yang dihasilkan ada dua macam kayu, yaitu:

- a. Arang kayu batangan
- b. Arang kayu halus atau pecahan

Ada beberapa cara proses pembuatan arang yang secara garis besar dapat dibagi menjadi 2 cara proses pembuatan yaitu:

- a. Proses Modern
- b. Proses Sederhana

Pada proses sederhana kayu atau bahan baku arang dimasukkan ke dalam tanah yang terlebih dahulu digali atau bak beton. Kayu atau bahan baku arang disusun sedemikian rupa sampai galian tanah bak tadi penuh. Kemudian kayu atau bahan baku arang tadi dibakar sampai mengeluarkan asap putih yang tebal. Setelah muncul asap putih kemudian galian tanah atau bak ditutup rapat, biarkan sampai asap muncul lagi, setelah itu arang siap diambil untuk dikemas (Chandranegara dan Pratiwi, 2008).

Waktu karbonisasi arang aktif berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah akan tetapi suhu karbonisasi sangat berpengaruh terhadap hasil arang. Semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh makin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan. Semakin lama waktu aktivasi karbon, maka penurunan rendemen akan sejalan dengan penurunan kadar karbon (Malik & Syech, 2013).

2.5 Biobriket

Biobriket merupakan salah satu jenis bahan bakar yang terbuat dari aneka macam ragam hayati atau biomassa yang dapat dikarbonisasi. Biobriket adalah gumpalan-gumpalan atau batangan-batangan yang terbuat dari bioarang. Biobriket termasuk bahan lunak yang dengan proses tertentu diolah menjadi bahan arang keras dengan bentuk dan variasi bahan tertentu (Isa, Dkk., 2012).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat biobriket antara lain ialah berat jenis bahan bakar atau berat jenis serbuk arang (gram), temperatur karbonisasi (T), kehalusan serbuk, dan tekanan pencetakan (P). Selain itu pencampuran variasi biobriket juga sangat berpengaruh terhadap sifat dan karakteristik biobriket. Syarat biobriket yang baik adalah yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan noda hitam di tangan. Selain itu, sebagai bahan bakar alternatif, biobriket juga harus memenuhi kriteria ialah mudah dinyalakan, tidak mengeluarkan asap, emisi gas hasil

pembakaran tidak mengandung racun, kedap air dan tidak berjamur bila disimpan pada waktu yang lama, menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan temperatur pembakaran) yang baik (Selpiana, dkk., 2014).

Biobriket dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi sederhana dengan menghasilkan kapasitas panas (nyala api) yang cukup besar, lama, dan juga cukup aman. Biobriket ini sangat cocok digunakan oleh pedagang atau para pengusaha yang memerlukan panas secara terus-menerus dalam waktu yang cukup lama. Biobriket memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan arang biasa (konvensional) yaitu: panas yang dihasilkan oleh biobriket relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kayu biasa dan nilai kalor yang dihasilkan dapat mencapai 6000 kal/gr.

Biobriket tidak menimbulkan asap ataupun bau saat dibakar, sehingga untuk masyarakat yang tinggal di kota dengan ventilasi rumah kurang memadai, sangat praktis untuk menggunakan biobriket. Setelah biobriket terbakar dan menjadi bara tidak perlu dilakukan pengipasan ataupun diberikan udara. Teknologi pembuatan biobriket sederhana dan tidak memerlukan bahan kimia lain kecuali yang terdapat dalam bahan biobriket itu sendiri, dan peralatan yang digunakan cukup sederhana, cukup dengan alat yang dibuat sendiri (Hutasoit, 2013).

2.5.1 Karakteristik biobriket

a. Sifat Fisik Biobriket

Nilai kalor

Nilai kalor merupakan karakteristik yang penting dalam menentukan kualitas biobriket. Menyatakan penetapan nilai kalor bertujuan untuk mengetahui sejauh mana nilai panas pembakaran yang dapat dihasilkan biobriket arang. Nilai kalor adalah nilai kalori kotor HHV (*gross calorific value*) yang diperoleh melalui percobaan alat bom kalorimeter menurut ASTM D 2015 dan dinyatakan dalam satuan Btu/ lb atau kal/ gram. Nilai kalor (*Gross higher heating value*) HHV, didefinisikan sebagai panas yang dilepaskan dari pembakaran sejumlah kuantitas unit bahan bakar (massa) dimana produknya dalam bentuk *ash*, gas CO₂, SO₂, Nitrogen dan air (tidak termasuk air yang menjadi uap/ vapor) (Patabang, 2009).

Bom kalorimeter adalah suatu alat yang digunakan untuk menentukan panas yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar dan oksigen pada volume tetap. Alat tersebut ditemukan oleh Prof. S. W. Parr pada tahun 1912, oleh sebab itu alat tersebut sering disebut "*Parr Oxygen Bomb Calorimeter*" (Gandhi, 2009).

Kadar Air

Bioriket arang memiliki sifat higroskopis (mudah menyerap air dari sekelilingnya) yang tinggi. Penghitungan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis briket arang hasil penelitian. Pengukuran kadar air bioriket arang dilakukan setelah dikempa dan dikeringkan dengan nilai rata-rata kadar air dibawah SNI yaitu 8% (Putri & Andasuryani, 2017).

Menurut Triono (2006) tingginya kadar air dalam produk biobriket

disebabkan oleh banyaknya jumlah pori-pori biobriket. Kadar air sangat berpengaruh terhadap kualitas biobriket yang dihasilkan, semakin rendah kadar air biobriket maka akan semakin tinggi nilai kalor dan daya pembakarannya. Kadar air yang tinggi membuat biobriket sulit dinyalakan pada saat pembakaran dan akan banyak menghasilkan asap, selain itu akan mengurangi temperatur penyalaan dan daya pembakarannya (Hutasoit, 2012).

Kerapatan

Semakin besar kerapatan (density) biobriket maka semakin lambat laju pembakaran yang terjadi akan tetapi semakin besar kerapatan biobriket menyebabkan semakin tinggi nilai kalornya. Kerapatan merupakan perbandingan antara berat dan volume biobriket arang itu sendiri. Besar kecilnya kerapatan dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan arang penyusun biobriket arang tersebut. Uji kerapatan biobriket merupakan sifat fisik biobriket yang berhubungan dengan kekuatan biobriket untuk menahan perubahan bentuk. Kerapatan berpengaruh terhadap tingkat energi yang terkandung dalam biobriket (Saleh, dkk, 2017).

Menurut Erikson (2011), semakin besar kerapatan bahan bakar maka laju pembakaran akan semakin lama. Dengan demikian biobriket yang memiliki berat jenis yang besar memiliki laju pembakaran yang lebih lama dan nilai kalornya lebih tinggi dibandingkan dengan biobriket yang memiliki kerapatan yang lebih rendah, sehingga makin tinggi kerapatan biobriket maka semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan.

Kadar Abu

Kandungan abu merupakan ukuran kandungan material dan berbagai material anorganik di dalam benda uji. Metode pengujian ini meliputi penetapan abu yang dinyatakan dengan presentase sisa hasil oksidasi kering benda uji pada suhu $\pm 580-600^{\circ}\text{C}$, setelah dilakukan pengujian Kadar air.

Abu merupakan bagian yang tersisa dari hasil pembakaran dalam hal ini adalah sisa pembakaran biobriket arang. Salah satu unsur penyusun abu adalah silika, pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor biobriket yang dihasilkan. Kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor biobriket arang sehingga kualitas biobriket arang tersebut menurun (Saleh, dkk, 2017).

Volatile Matter

Volatile matter (VM) atau sering disebut dengan zat terbang, berpengaruh terhadap pembakaran biobriket. Kandungan VM mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api. Penilaian tersebut didasarkan pada rasio atau perbandingan antara kandungan karbon (*fixed carbon*) dengan zat terbang, yang disebut dengan rasio bahan bakar (*fuel ratio*). Semakin tinggi nilai *fuel ratio* maka jumlah karbon di dalam biobriket yang tidak terbakar juga semakin banyak (Gandhi, 2009).

Fixed Carbon

Fixed carbon merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah menguap di distilasi. Kandungan

utamanya adalah karbon tetapi juga mengandung hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen yang tidak terbawa gas. Jumlah *fixed carbon* dan bahan yang mudah menguap secara langsung turut andil terhadap nilai panas biobriket. *Fixed carbon* bertindak sebagai pembangkit utama panas selama pembakaran. Kandungan bahan yang mudah menguap yang tinggi menunjukkan mudahnya penyalaan bahan bakar (Gandhi, 2009).

b. Sifat Keteguhan Biobriket

Keteguhan tekan biobriket merupakan kemampuan biobriket untuk memberikan daya tahan atau kekompakan biobriket terhadap pecah atau hancurnya biobriket jika diberikan beban pada benda tersebut (Triono, 2006). Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Hendra (2011) menunjukkan bahwa penambahan perekat sangat mempengaruhi keteguhan tekan produk biobriket yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sutiyono (2010) menunjukkan bahwa keteguhan tekan biobriket yang menggunakan perekat kanji lebih besar dibandingkan keteguhan tekan biobriket yang menggunakan perekat bahan pengikat tetes, hal ini terjadi karena perekat kanji bila dipanaskan dapat membentuk gelatin yang mempunyai daya rekat yang sangat baik (Susanto & Yanto, 2013).

2.5.2 Proses Pembuatan Biobriket

Secara umum pembuatan biobriket arang ialah:

a. Proses Penyiapan Bahan Baku Biobriket

Bahan baku (biomassa) yang disiapkan kemudian dikeringkan.

Penggunaan bahan baku yang sudah kering dapat mempercepat proses pengarangan dibandingkan dengan yang masih basah, hal ini dikarenakan kadar air pada biomassa yang sudah kering lebih sedikit. Sebelum dilakukan pengarangan, biomassa dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil. Hal ini bertujuan agar mempercepat proses pengarangan, mudah dihaluskan dan menghasilkan volume pengarangan yang lebih banyak (Kalsum, 2016).

b. Proses Pengarangan

Pengarangan dilakukan dengan cara membakar biomassa kering tanpa udara (pirolisis) dengan suhu tertentu. Biomassa adalah bahan organik, biomassa sebenarnya dapat digunakan secara langsung sebagai sumber energi panas untuk bahan bakar, akan tetapi kurang efisien. Nilai bakar biomassa secara langsung (tanpa proses pengarangan hanya dapat menghasilkan sekitar 3000 kal/gr, sedangkan dengan melalui proses pengarangan (pirolisis) dapat mampu menghasilkan 5000 kal/gr (Kalsum, 2016).

c. Proses Penggilingan Arang

Arang harus cukup halus untuk dapat membuat biobriket yang baik. Ukuran partikel arang yang terlalu besar akan sukar pada waktu dilakukan perekatan, sehingga mengurangi keteguhan tekanan tekan biobriket yang dihasilkan (Qistina, dkk., 2016).

d. Proses Penambahan Perekat

Tujuan pencampuran serbuk arang dengan perekat adalah memberikan lapisan tipis dari perekat pada permukaan partikel arang dan

menarik air serta membentuk tekstur yang padat. Dengan adanya perekat maka susunan partikel akan semakin baik. Tahap ini merupakan tahap penting dalam menentukan mutu arang biobriket yang dihasilkan.

e. Proses Pengempaan

Pengempaan biobriket arang dapat dilakukan dengan alat pengepress tipe *compression* atau *extrusion*. Tekanan yang diberikan untuk pembuatan biobriket arang dibedakan menjadi dua cara, yaitu melampaui batas elastisitas bahan baku sehingga struktur sel akan runtuh dan belum melampaui batas elastisitas bahan baku. Pada umumnya, semakin tinggi tekanan yang diberikan akan memberi kecenderungan menghasilkan biobriket arang dengan kerapatan dan keteguhan tekan yang semakin tinggi. Kuat tekan merupakan sifat fisik biobriket yang berhubungan dengan kekuatan briket untuk menahan perubahan bentuk (Sinurat, 2011). Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan biobriket diantaranya adalah gaya dan luas permukaan tekan (Qistina, dkk., 2016).

Pembuatan biobriket tidak lepas dari proses pengempaan, yaitu proses pemadatan bahan baku biobriket yang sebelumnya telah dibuat dengan ukuran yang homogen. Tujuan pengompaksian pada pembuatan suatu produk biobriket adalah untuk menaikkan berat jenisnya. Pengempaan untuk membuat bahan serbuk menjadi benda yang padat dan kompak sehingga tahan terhadap benturan (Gandhi, 2009).

Terdapat beberapa metode utama yang digunakan untuk mengompaksi bahan baku biobriket untuk skala produksi yaitu *punch*

press dan *screw press*. Sedangkan biobriket untuk skala penelitian digunakan *hydraulic pressing*. Ini merupakan metode pengempaan sederhana dan banyak digunakan dalam penelitian biobriket di laboratorium. Dengan metode ini kita dapat mengetahui besarnya tekanan yang digunakan dan dapat mengaturnya, sehingga dapat menghasilkan kepadatan biobriket yang bervariasi. *Briquetting* dapat dilakukan dengan atau tanpa pemanasan selama pengempaan (Gandhi, 2009).

f. Proses Pengeringan Biobriket

Biobriket yang dihasilkan setelah pengempaan masih mengandung air yang cukup tinggi (sekitar 50%). Oleh sebab itu perlu dilakukan pengeringan yang dapat dilakukan dengan berbagai macam alat pengering seperti kiln, oven atau penjemuran dengan menggunakan sinar matahari. Suhu pengeringan yang umum dilakukan adalah sebesar 60°C selama 24 jam dengan menggunakan oven. Tujuan pengeringan adalah agar kadar airnya dapat disesuaikan dengan ketentuan kadar air biobriket arang yang berlaku (Kalsum, 2016).

g. Perekat Biobriket

Penggunaan bahan perekat dapat menahan air dan membentuk tekstur yang padat atau mengikat dua substrat yang direkatkan. Dengan adanya bahan perekat maka susunan partikel semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekanan arang biobriket akan semakin baik. Dalam penggunaan bahan perekat harus memperhatikan faktor ekonomi maupun non-ekonominya (Noldi, 2009).

Untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan biobriket maka diperlukan zat pengikat sehingga dihasilkan biobriket yang kompak. Berdasarkan fungsi dari pengikat dan kualitasnya, pemilihan bahan pengikat dapat dibagi sebagai berikut:

Berdasarkan karakteristik bahan baku perekatan untuk pembuatan biobriket adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki gaya *kohesi* yang baik bila dicampur dengan semikokas atau batubara.
- b. Mudah terbakar dan tidak berasap.
- c. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan harganya murah.
- d. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya (Fachry, dkk., 2010).

Jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai pengikat untuk pembuatan biobriket, yaitu:

- a. Pengikat anorganik, contoh dari pengikat anorganik antara lain semen, lempung, natrium silikat dan *fly ash* batubara.
- b. Pengikat organik, contoh dari pengikat organik di antaranya kanji, tar, aspal, amilum, molase, *paraffin* dan sagu.
 - a). *Clay* (lempung) atau yang sering disebut lempung umumnya banyak digunakan sebagai bahan pengikat briket.
 - b). Tapioka dan caustic Soda jenis *caustic coda* yang dipergunakan memiliki konsentrasi 98% dan berbentuk *flake* (Fachry, dkk., 2010).

Bahan perekat adalah bahan pencampur pada pembuatan biobriket yang berfungsi sebagai perekat atau pengikat antar partikel biobriket.

Bahan perekat ini dapat masuk menembus ke dalam permukaan dengan cara terabsorpsi sebagian ke dalam pori-pori atau celah yang ada (ESDM, 2006). Fungsi perekat yaitu untuk menarik air dan membentuk tekstur yang padat atau mengabungkan antara dua atau lebih substrate yang direkat (Fachry, dkk., 2010).

Pemilihan dan penggunaan perekat dilakukan dengan beberapa hal antara lain yaitu mempunyai daya serap arang baik terhadap air dan harganya cukup murah serta mudah diperoleh, tepung sagu memiliki keunggulan dibanding dengan bahan perekat lainnya karena bahan tersebut sangat rendah kandungan glutennya sehingga daya rekatnya lebih tinggi. Kekuatan perekat dipengaruhi oleh sifat biobriket, alat dan teknik perekatan yang digunakan, pematangan bahan perekatan menghasilkan ketangguhan rekat yang baik disertai dengan tekanan yang cukup agar agar dapat meratakan perekat dan untuk memasukkan perekat ke dalam pori-pori (Capah, 2007).

Salah satu keunggulan bahan perekat yang berasal dari pati bahannya mudah diperoleh, murah, mudah mengaplikasikannya, mutunya stabil, adhesi keselulosa, subtract, tidak larut dalam minyak dan lemak, tidak beracun serta *biodegradable* serta tahan panas. Sedangkan sifat bahan perekat betonit seperti tepung tapioka merupakan ion bentonit yang mempunyai daya serap air dan bila dimasukkan ke dalam air akan mengembang dan membentuk koloid, bila air menguap akan membentuk masa yang kuat, keras dan sifat mengikat serta melapisi sehingga dapat digunakan sebagai perekat. Bahan perekat dari zat pati, dekstrin dan

tepung beras akan menghasilkan biobriket yang tidak berasap dan tahan lama, akan tetapi nilai kalor yang dihasilkan tidak terlalu tinggi (Patandung, 2015).

2.5.3 Sagu

Sagu (*Metroxylon sago Rottb*) merupakan salah satu tanaman asli Indonesia yang berasal dari Danau Sentani Kabupaten Jayapura (Papua) yang kemudian tersebar di Kepulauan Sumatera, Kalimantan, Maluku dan Sulawesi khususnya di Kabupaten Palopo. Sagu merupakan salah satu sumber daya alam nabati di Indonesia mulai akhir tahun 70-an yang pemanfaatannya semakin meningkat sebagai akibat swasembada pangan nasional. Potensi lestari produksi sagu sebesar 5.000.000 ton per tahun, namun yang baru dimanfaatkan sebesar 200.000 ton per tahun. Sebagai sumber pangan sagu dapat diolah menjadi berbagai macam makanan yang dapat dikonsumsi oleh masyarakat. Dalam bidang industri sagu dapat diolah menjadi tepung dan dari tepung kemudian dapat diolah menjadi perekat dan plastik karena mudah terurai secara alami (*biodegradable*) (Haedar & Jasman, 2017).

Tanaman sagu dapat tumbuh di sepanjang tepi sungai dan daerah rawa yang kurang cocok untuk tanaman lainnya, sehingga pengembangan sagu tidak dapat bersaing dengan penggunaan lahan untuk tanaman lainnya. Selain itu sagu merupakan tanaman tahunan yang artinya setelah satu kali ditanam dapat menghasilkan selama bertahun-tahun sehingga panen dapat dilakukan secara teratur oleh para petani (Tirta, 2012).

Berikut potensi sagu di Indonesia pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Potensi Sagu di Indonesia

Lokasi	Potensi
Irian Jaya	980.000 ha
Maluku dan Sulawesi Selatan	30.000 ha
Riau	32.000 ha

(Sumber: Tirta, 2012)

2.5.4 *Fly ash* batubara

Seperti halnya dapat dijadikan perekat, *fly ash* batubara menurut Acosta & Dafi (2009), abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam *furnace* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta ditangkap dengan menggunakan elektrostatik precipitator. *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan anorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakaran. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatik yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Fly Ash* Batubara (sumber: PT Makassar Tene)

Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas gas buangan, maka partikel-partikel *fly ash* umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel *fly ash* yang terkumpul pada presipitator elektrostatis biasanya berukuran (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3). Saat ini umumnya *fly ash* batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton.

Konversi abu terbang batubara menjadi zeolit dan adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif dari abu terbang batubara. Keuntungan adsorben berbahan baku *fly ash* batubara adalah biayanya murah. Selain itu, adsorben ini dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah gas maupun limbah cair (Marinda, 2008).

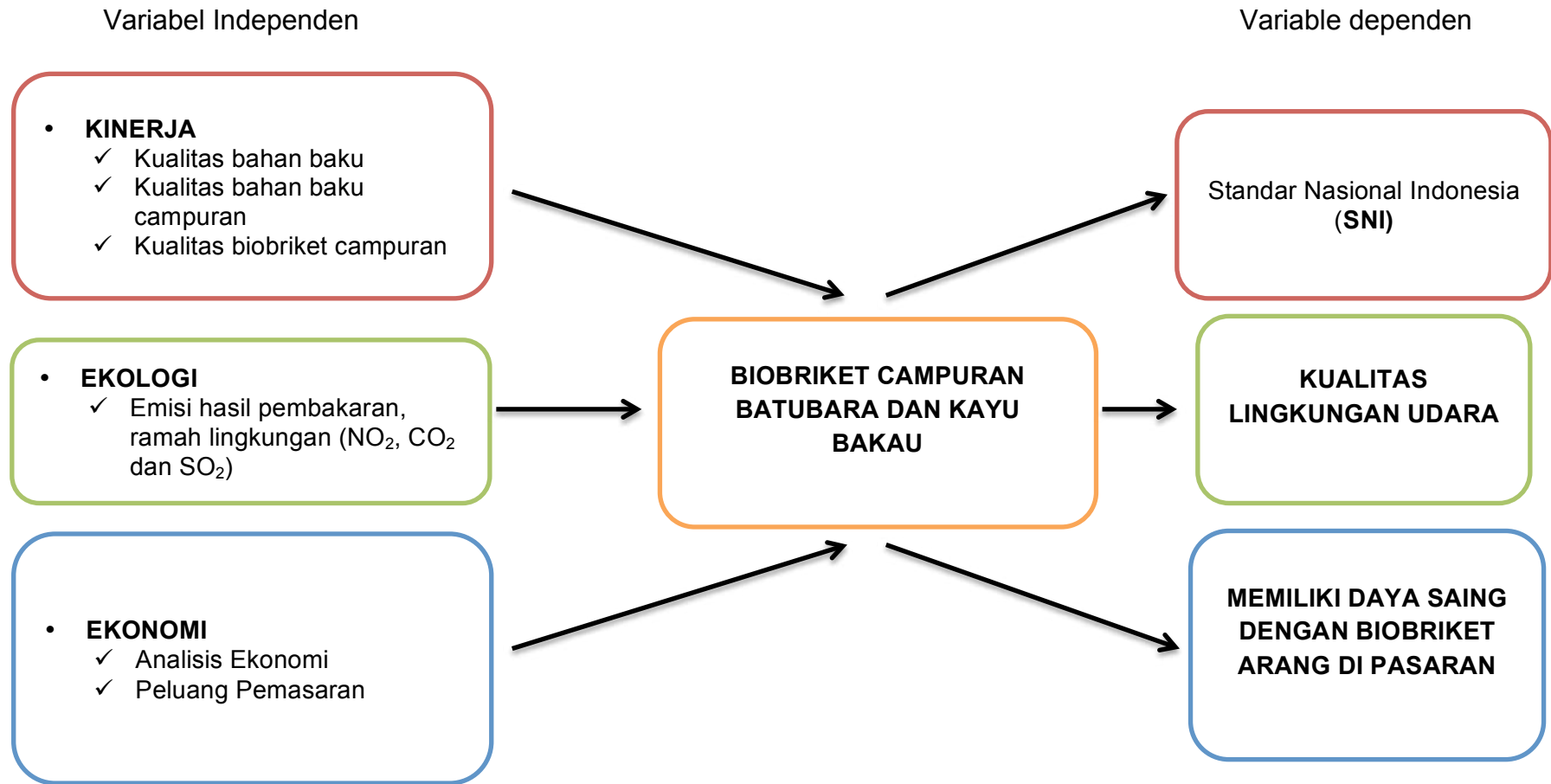
Abu terbang batubara umumnya dibuang di *landfill* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukkan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Hal ini yang menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan, karena *fly ash* hasil dari tempat pembakaran batubara dibuang sebagai timbunan. *Fly ash* dan *bottom ash* ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem (Setiawan, 2013).

2.5.5 Kerangka pikir

Kerangka konseptual yang merupakan suatu kerangka berfikir yang dapat

digunakan sebagai pendekatan dalam pemecahan masalah pada penelitian ini.

Berikut gambar kerangka pikir pada penelitian ini dapat dilihat pada **gambar 8**.



Gambar 8. Kerangka Pikir Penelitian

a. Studi Literatur

Setelah memperoleh bahan baku maka perlu dilakukan studi literatur agar dapat dilakukan analisis bahan baku. Dengan dilakukannya studi literatur maka dapat ditentukan variasi rasio pada pembuatan biobriket serta kualitas bahan baku.

b. Studi Lapangan

Penelitian ini dimulai dengan studi lapangan di mana diperoleh informasi seputar bahan baku berupa batubara dan kayu bakau yang dilakukan dengan cara survei lapangan secara langsung cara pengambilan bahan baku.

c. Pembuatan Biobriket Campuran

Pada pembuatan biobriket untuk mengetahui kualitas biobriket campuran yang meliputi beberapa tahap yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap pembuatan biobriket campuran, tahap analisis laboratorium, tahap uji pembakaran yang mengacu pada SNI/ ASTM.

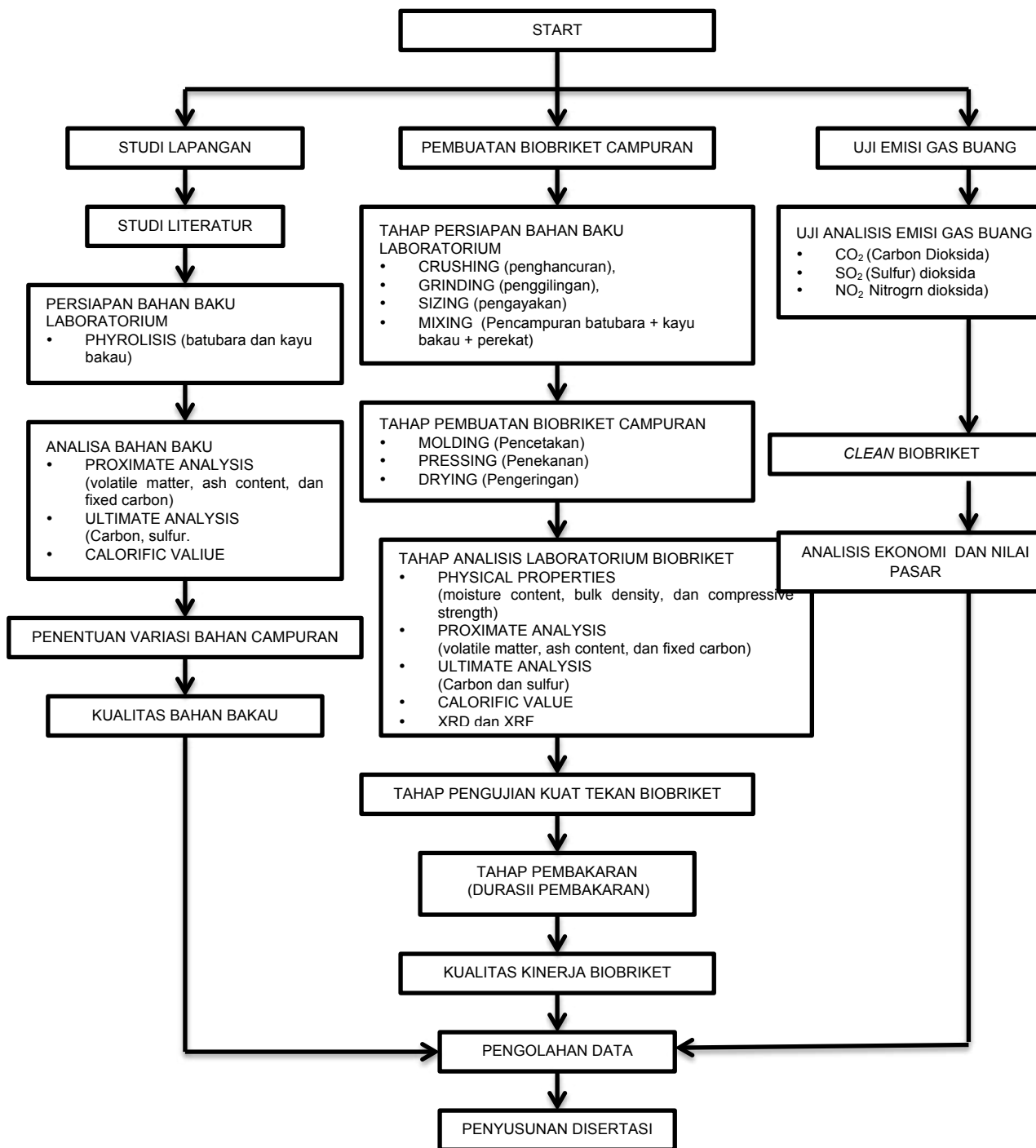
d. Uji Emisi

Uji emisi ini dilakukan berdasarkan rasio reduksi (R.R.) serta studi oksidatif dan kinetik dianalisis yang menggunakan analisis grafimetrik *thermal* (TGA) dan diferensial *thermal* DTG) dan kemudian dilanjutkan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak Sma4Winsoftware untuk mengetahui kadar emisi yang terkandung dalam biobriket campuran.

e. Analisis Ekonomi

Analisis ini untuk mengetahui kualitas pasar biobriket campuran berdasarkan beberapa kriteria HPP (harga pokok produksi) dan harga satuan produksi sehingga biobriket ini dapat ikut bersaing di pasaran.

Berikut gambar alur penelitian pembuatan biobriket campuran batubara dengan arang kayu bakau ini dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Alur Penelitian

2.5.6 Hipotesis

Hipotesis berdasarkan rumusan masalah ialah sebagai berikut:

Hipotesis 1

Komposisi formulasi ideal biobriket arang kayu bakau : batubara (75% : 25%) memiliki hubungan dengan kinerja biobriket, jumlah nilai kalor, kadar abu, kadar air, kadar karbon dan zat terbang merupakan penentu kualitas kinerja biobriket untuk memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI).

Hipotesis 2

Semakin sedikit kadar emisi dari formulasi ideal arang kayu bakau : batubara (75% : 25%) yang dihasilkan maka didapatkan produk biobriket bersih (*clean briquette*) yang ramah lingkungan.

Hipotesis 3

Harga produk biobriket yang dihasilkan lebih murah dibandingkan harga produk biobriket arang yang dijual di pasaran sehingga produk biobriket ini memiliki nilai ekonomis dan dapat bersaing di pasaran.