

TINDER ALAM: MENGUBAH LIMBAH MENJADI ENERGI BIOBRIKET

**Hernawati, S.Pd. M.Pfis.
Sefrilita Risqi Adikaning Rani, S.Si., M.Si.**



GET PRESS INDONESIA

TINDER ALAM: MENGUBAH LIMBAH MENJADI ENERGI BIOBRIKET

Penulis : Hernawati, S.Pd. M.Pfis.
Sefrilita Risqi Adikaning Rani, S.Si., M.Si.

ISBN :

Editor : Mila Sari, M.Si.
Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit : GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :
Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah
Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, September 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil'alamin. Segala Puji bagi Allah SWT karena atas berkah, rahmat, dan petunjukNya yang diberikan kepada kami sehingga buku reverensi ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya. Alhamdulillah atas izin Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan buku reverensi ini dengan judul: **“Tinder Alam: Mengubah Limbah Menjadi Energi Biobriket”** sebagai buku referensi pembuatan biobriket.

Buku ini disusun berdasarkan referensi-referensi tentang pembuatan biobriket serta pengujiannya. Pada BAB I ini diuraikan beberapa gambaran umum tentang biobriket, proses pembuatan biobriket secara umum, pengujian karakteristik biobriket dan beberapa standar kualitas biobriket. Pada BAB II diuraikan beberabagai Inovasi dan Pengembangan briket, teknologi baru briket, produksi briket ramah lingkungan, briket dari limbah arang kelapa, Briket limbah tongkol jagung dan briket yang bersal dari sampah kota dibahas secara detail dalam BAB ini. Pada BAB III diuraikan analisis eksperimental biobriket dari berbagai macam serbuk gergaji kayu dari berbagai macam jenis kayu sebagai pilihan yang layak untuk bahan bakar biobriket, proses pebuatan biobriket serta karakteristik fisik-mekanis dan termal dibahas secara detail didalamnya. Pada BAB IV diuraikan analisis eksperimental biobriket dari berbagai macam limbah sekam padi dengan berbagai variasi campuran bahan limbah lainnya sebagai pilihan yang layak untuk bahan bakar biobriket, proses pebuatan briket serta karakteristik fisik-mekanis dan termal dibahas secara detail dalam BAB ini.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada teman sejawat yang andil dalam penulisan buku reverensi ini. Terimakasih juga kepada kedua orang tua, suami dan anak tercinta yang memberikan selalu do'a dan dukungannya sehingga penulis dapat mengkaji beberapa reverensi untuk dijadikan kajian yang sangat menarik. Penulis tentu berharap

buku referensi ini sebagai acuan dalam melakukan riset yang di dalamnya terkandung topik yang selaras, memperluas wawasan sehingga bisa diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Gambaran Umum	1
2. Proses Pembuatan Briket.....	7
3. Pengujian Karakteristik Briket	12
4. Standar Briket.....	23
BAB II	27
INOVASI DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BRIKET	27
1. Teknologi baru Briket.....	27
2. Produksi Briket Ramah Lingkungan	29
3. Briket Arang Kelapa	32
4. Briket Bonggol Jagung	35
5. Briket Sampah Kota.....	46
BAB III BRIKET LIMBAH KAYU.....	53
1. Briket Berbahan Limbah Kayu Meranti	53
2. Briket Berbahan Limbah Kayu Sengon	61
3. Briket Berbahan Limbah Kayu Karet.....	106
4. Briket Berbahan Limbah Kayu Jati	134
5. Briket Berbahan Limbah Serat Bambu	156
BAB IV BRIKET LIMBAH SEKAM PADI	169
1. Sekam Padi Dengan Tempurung Kelapa	169
2. Sekam Padi Dengan Limbah Bonggol Jagung	172
3. Sekam Padi Dengan Limbah Kubis	184
4. Sekam Padi Dengan Lumpur Pabrik Kelapa Sawit.....	188
5. Sekam Padi Dengan Limbah Kulit Jeruk.....	195
DAFTAR PUSTAKA.....	207
BIOGRAFI PENULIS	216

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Proses pembuatan briket (Melia, 2021).....	11
Gambar 1. 2. Proses pengujian kekuatan tekan briket batubara.....	15
Gambar 1. 3. kurva tegangan-regangan contoh pengujian briket.....	16
Gambar 1. 4. Perkiraan kekuatan briket a) Pengujian dengan celah; b) pengujian kekuatan pada tekanan sederhana (Richards 1990).....	17
Gambar 1. 5. Alat pemadat briket dengan gaya yang terukur(Križan 2007).....	20
Gambar 1. 6. Pengukuran densitas terhadap tekanan yang diberikan(Križan 2007).....	20
Gambar 1. 7. Bomb Kalorimeter (Mandra 2019)	22
Gambar 3. 1. Limbah gergaji kayu meranti.....	55
Gambar 3. 2. Tungku yang digunakan dalam proses pengarangan.....	56
Gambar 3. 3. Prosedur pembuatan briket.....	58
Gambar 3. 4. Produk Briket.....	59
Gambar 3. 5. Pohon Ulin(dody 2021)	63
Gambar 3. 6. Alat cetak briket campuran arang kayu Sengon dan arang kayu Ulin(Rindayatno and Lewar 2017).....	64
Gambar 3. 7. Mesin pres briket(Rindayatno and Lewar 2017).....	67
Gambar 3. 8. Briket arang campuran kayu Sengon, kayu Ulin dan perekat Tapioka(Rindayatno and Lewar 2017).....	67
Gambar 3. 9. Limbah kayu Sengon	71
Gambar 3. 10. Alat pencetak briket	71
Gambar 3. 11. Alat Ukur kuat tekan.....	72
Gambar 3. 12. Briket dengan suhu pencetakan 100 derajat Celsius.....	73

Gambar 3. 13. Briket dengan suhu pencetakan 120 derajat celcius (Naim and Saputro 2013)	73
Gambar 3. 14. Briket dengan suhu pencetakan 140 derajat Celcius.....	74
Gambar 3. 15. Grafik perubahan tinggi briket kayu Sengon(Naim and Saputro 2013)	75
Gambar 3. 16. Grafik Perubahan diameter briket kayu Sengon (Naim and Saputro 2013).....	77
Gambar 3. 17. Grafik nilai persentase partikel yang lepas	79
Gambar 3. 18. Grafik nilai persentase partikel yang lepas dengan uji Drop	80
Gambar 3. 19. Grafik nilai kerapatan/ densitas briket kayu Sengon pada temperature pencetakan 100, 120, dan 140 derajat Celsius	81
Gambar 3. 20. Grafik nilai kalor briket kayu Sengon pada temperature pencetakan 100, 120, dan 140 derajat Celsius.....	82
Gambar 3. 21. Alat ukur laju pembakaran, waktu pembakaran dan waktu penyalaan (Ilminnafik and Fauzi 2015)	85
Gambar 3. 22. Nilai waktu penyalaan briket pada berbagai variasi suhu pencetakan (Ilminnafik and Fauzi 2015).....	86
Gambar 3. 23. Nilai waktu pembakaran briket kayu Sengon dengan variasi suhu pencetak briket (Ilminnafik and Fauzi 2015)	87
Gambar 3. 24. Nilai laju pembakaran briket kayu Sengon pada variasi suhu pencetak (Ilminnafik and Fauzi 2015).....	88
Gambar 3. 25. Nilai kerapatan briket arang kayu Sengon pada variasi ukuran partikel briket.....	90
Gambar 3. 26. Nilai kadar air briket arang kayu Sengon pada variasi ukuran partikel briket.....	91
Gambar 3. 27. Nilai kadar air briket arang kayu Sengon (Priyanto et al. 2018)	92

Gambar 3. 28. Bentuk alat pembuatan arang briket kayu Sengon yang terbuat dari Drum	93
Gambar 3. 29. Proses pembakaran limbah kayu Sengon menjadi arang.....	95
Gambar 3. 30. Perbandingan nilai kerapatan briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.	96
Gambar 3. 31. Perbandingan nilai kadar air briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.	96
Gambar 3. 32. Perbandingan nilai kadar abu briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.	97
Gambar 3. 33. Perbandingan nilai kadar zat terbang fly ash briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.	98
Gambar 3. 34. Perbandingan nilai kadar karbon terikat briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.	98
Gambar 3. 35. Perbandingan nilai kadar karbon terikat briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa	99
Gambar 3. 36. Nilai kerapatan briket pada berbagai jenis perekat (Arifin and Nuriana 2018)	101
Gambar 3. 37. Nilai kalor briket pada berbagai jenis perekat (Arifin and Nuriana 2018)	102
Gambar 3. 38. Skema alat pembuatan briket (1) Kompresor (2) Klin Dum (Anggoro et al. 2018).....	103
Gambar 3. 39. Nilai kalor berdasarkan komposisi kayu Sengon dan tempurung kelapa (Anggoro et al. 2018)	105
Gambar 3. 40. Nilai kalor berdasarkan komposisi perekat kayu Sengon dan tempurung kelapa (Anggoro et al. 2018).....	106

Gambar 3. 41. Kayu karet (Anon 2022)	107
Gambar 3. 42. a. Briket komposisi 1 P1	109
Gambar 3. 43. Grafik nilai kadar air dari briket arang campuran kayu Karet, tanah liat, dan perekat tapioca pada berbagai komposisi	110
Gambar 3. 44. Grafik nilai kadar abu dari briket arang campuran kayu Karet, tanah liat, dan perekat tapioca pada berbagai komposisi	110
Gambar 3. 45. Grafik nilai kadar zat menguap dari briket arang campuran kayu Karet, tanah liat, dan perekat tapioca pada berbagai komposisi	111
Gambar 3. 46. Grafik nilai kadar karbon terikat dari briket arang campuran kayu Karet, tanah liat, dan perekat tapioca pada berbagai komposisi (Pamungkas, Hanifarianty, and Pranata 2022).....	111
Gambar 3. 47. Alur pengarangan kayu Karet menjadi arang Kayu Karet	112
Gambar 3. 48. Perbandingan nilai kerapatan briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka.....	113
Gambar 3. 49. Perbandingan nilai daya serapan air briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka.....	114
Gambar 3. 50. Perbandingan nilai kalor briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka.....	114
Gambar 3. 51. Grafik spektrum dengan FTIR briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka.....	115
Gambar 3. 52. Grafik spektrum dengan FTIR briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka (Bazenet et al. 2021).....	116
Gambar 3. 53. Alur pembuatan briket dengan komposisi perekat yang lebih besar.....	117

Gambar 3. 54. Nilai serapan air briket kayu Karet pada variasi perekat.....	118
Gambar 3. 55. Nilai kadar abu pada Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka.....	120
Gambar 3. 56. Nilai kadar zat terbang pada Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka.	120
Gambar 3. 57. Nilai kadar zat karbon terikat pada Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka.....	121
Gambar 3. 58. Nilai kalor pada Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka(Faizal et al. 2014).	123
Gambar 3. 59. Nilai kadar air pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu (Nurhayati 2018).	126
Gambar 3. 60. Nilai kadar abu pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu(Nurhayati 2018).	126
Gambar 3. 61. Nilai kadar zat terbang pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu(Nurhayati 2018).	127
Gambar 3. 62. Nilai kadar karbon terikat pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu (Nurhayati 2018).	127
Gambar 3. 63. Nilai kalor pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu(Nurhayati 2018).	128
Gambar 3. 64. Grafik nilai rata-rata kadar air briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa	

	dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi	130
Gambar 3. 65.	Grafik nilai rata-rata kerapatan briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi	131
Gambar 3. 66.	Grafik nilai rata-rata kadar abu briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi	131
Gambar 3. 67.	Grafik nilai rata-rata kadar zat terbang briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi	132
Gambar 3. 68.	Grafik nilai rata-rata kalor briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi	132
Gambar 3. 69.	Grafik nilai rata-rata laju pembakaran briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi (Aryapranta, Yanti, and Ratnaningsih 2022).....	133
Gambar 3. 70.	Alat pencetak briket kayu jati. 1 adalah alat pres dan 2 adalah dongkrak	139
Gambar 3. 71.	Grafik nilai kuat tekan briket Kayu jati dengan pembandingan perekat kanji pada berbagai ukuran partikel	140
Gambar 3. 72.	Grafik nilai kuat tekan briket Kayu jati dan perekat kanji pada berbagai ukuran partikel (Yudanto and Kusumaningrum 2009).....	140
Gambar 3. 73.	Alur pembuatan briket kayu jati dengan variasi suhu	142
Gambar 3. 74.	Alat pencetak briket, 1 adalah bagian pres, 2 adalah dongkrak, 3 adalah pressure gate.....	143

Gambar 3. 75. Grafik hubungan antara suhu pengeringan dengan matahari terhadap nilai kuat tekan briket kayu Jati	144
Gambar 3. 76. Grafik hubungan antara suhu pengeringan dengan oven terhadap nilai kuat tekan briket kayu Jati(Mangin and Nugroho 2015)	145
Gambar 3. 77. Bentuk pencetak briket, Dluar 6 cm, Ddalam 2,5 cm, T 12 cm	146
Gambar 3. 78. Alat uji laju pembakaran.....	147
Gambar 3. 79. Nilai persentase kadar proksimat pada briket kayu Jati tanpa perekat dan dengan perekat Kanji.....	147
Gambar 3. 80. Nilai kalor pada briket kayu Jati tanpa perekat dan dengan perekat Kanji	148
Gambar 3. 81. Nilai kerapatan pada briket kayu Jati dengan variasi ukuran partikel dan tekanan kompaksi	148
Gambar 3. 82. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran 30 mesh dan tekanan kompaksi 25 kg/cm ³	149
Gambar 3. 83. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran 40 mesh dan tekanan kompaksi 25 kg/cm ³	150
Gambar 3. 84. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran 60 mesh dan tekanan kompaksi 25 kg/cm ³	150
Gambar 3. 85. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran mesh campuran dan tekanan kompaksi 25 kg/cm ³	150
Gambar 3. 86. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran mesh 30 dan tekanan kompaksi 50 kg/cm ³	151
Gambar 3. 87. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran dan tekanan kompaksi 50 kg/cm ³	151

Gambar 3. 88. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran dan tekanan kompaksi.....	151
Gambar 3. 89. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran dan tekanan kompaksi.....	152
Gambar 3. 90. Nilai zat terbang/menguap pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi.....	152
Gambar 3. 91. Nilai persentase ketahanan/stabilitas pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 25 kg/cm ²	153
Gambar 3. 92. Nilai persentase ketahanan/stabilitas pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 50 kg/cm ²	153
Gambar 3. 93. Nilai persentase ketangguhan/penurunan massa pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 25 kg/cm ²	154
Gambar 3. 94. Nilai persentase ketangguhan/penurunan massa pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 50 kg/cm ²	154
Gambar 3. 95. Nilai laju pembakaran pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 25 kg/cm ² (Widayat 2019).	155
Gambar 3. 96. Nilai laju pembakaran pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 50 kg/cm ² (Widayat 2019).	155
Gambar 3. 97. Pohon bambu(Anon 2023a).....	157
Gambar 3. 98. Proses bambu (a) pemisahan serat secara manual; (b) produk biomasa limbah bambu(Brunerová, Roubík, and Brožek 2018).....	158
Gambar 3. 99. alat disintegrasi yang digunakan, hammer grinding mill: (a) skema; (b) dalam praktek (Brunerová et al. 2018).	159

Gambar 3. 100. Bentuk sampel yang disiapkan untuk analisis kimia dan mekanik serat bambu(Brunerová et al. 2018).	160
Gambar 3. 101. Analisis mikroskopis dari sampel yang diselidiki serat bambu(Brunerová et al. 2018).	160
Gambar 3. 102. Briket press briket bertekanan tinggi: (a) skema; (b) dalam praktek(Brunerová et al. 2018).	161
Gambar 3. 103. Sampel bahan bakar biobriket yang dihasilkan dari serat bamboo(Brunerová et al. 2018).	162
Gambar 3. 104. Peralatan yang digunakan untuk penentuan durabilitas mekanik: (a) dalam praktek; (b) skema (Brunerová et al. 2018).	163
Gambar 3. 105. Peralatan yang digunakan untuk penentuan gaya pecah RF: (a) dalam praktek; (b) pelat, prinsip uji pembebanan (gaya tekan F (N)) (Brunerová et al. 2018).	165
Gambar 3. 106. Sampel bahan bakar biobriket serat bambu setelah pengujian daya tahan mekanik(Brunerová et al. 2018).	166
Gambar 3. 107. Sampel bahan bakar biobriket setelah pengujian Gaya pecah serat bambu(Brunerová et al. 2018).	167
Gambar 4. 1. bahan dasar yang digunakan (a) Sekam padi; (b)Arang sekam padi; (c)Tempurung kelapa; (d) Arang tempurung kelapa; (e) Tepung tapioka (Yuliah et al. 2017).	170
Gambar 4. 2. Briket campuran sekam padi dengan arang tempurung kelapa.	171
Gambar 4. 3. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan briket (a) pemanas; (b) furnace; (c) blender; (d) mortar penggerus; (e) penyaring mesh 120.	174

Gambar 4. 4. (a) pengaduk magnet, (b) blok cetakan silinder, (c) bio-briket kompresi hidrolik, (d) sampel biobriket kering	176
Gambar 4. 5. Limbah tongkol jagung	177
Gambar 4. 6. CO, CO ₂ dan HC yang dipancarkan dari pembakaran conrcob dan briket sekam padi	179
Gambar 4. 7. Karakteristik briket pada komposisi tongkol jagung dan sekam padi yang berbeda, A1(100% tongkol jagung non karbonisasi), A2(100% tongkol jagung karbonisasi, B (70% tongkol jagung karbonisasi dan 30% sekam padi), C(50% tongkol jagung :50 % sekam padi), D (30% tongkol jagung : 70% sekam padi), (a) kadar abu dan kadar air dan (b) nilai kalori rata-rata.....	179
Gambar 4. 8. Waktu pembakaran briket (menit) dan laju pembakaran (gram/menit).....	180
Gambar 4. 9. Proses Pengepresan briket dengan tangan untuk menghasilkan briket , warna api briket mula-mula merah berubah menjadi biru.	182
Gambar 4. 10. Briket berbahan bonggol limbah arang bonggol jagung.....	183
Gambar 4. 11. Bahan baku briket, Kubis dan sekam padi(Pramana and Nanik 2022).....	185
Gambar 4. 12. Pengujian Laju Pembakaran pada Biobriket (Pramana and Nanik 2022).....	186
Gambar 4. 13. Pengujian nilai kalor(Pramana and Nanik 2022).....	187
Gambar 4. 14. Kompaksi pemadat briket.....	191
Gambar 4. 15. Contoh sampel briket yang sudah jadi, (a) Briket dengan rasio pencampuran 1:5; (b) briket dengan rasio pencampuran 3:10.....	192
Gambar 4. 16. Briket yang dihasilkan.....	199
Gambar 4. 17. Rata-rata dan standar deviasi kepadatan semu, ketahanan kompresi dan probabilitas kepadatan untuk briket biomassa dari penanaman konvensional (1, 2, 3, 4, 5, 6) dan	

penanaman organik (1org, 2org, 3org, 4org, 5org, 6org).	201
Gambar 4. 18. Struktur kimia asam sitrat, amilosa, amilopektin, pektin, hemiselulosa dan selulosa ..	202
Gambar 4. 19. Tingkat kandungan: nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) untuk sampel 2, 2org, 4, 4org, 6 dan 6org.....	204
Gambar 4. 20. Mikronutrien dan logam berat: tembaga (Cu), seng (Zn), besi (Fe), mangan (Mn), timbal (Pb) dan aluminium (Al) untuk sampel 2, 2org, 4, 4org, 6 dan 6org.....	205

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Biomassa padat di pasaran EN 14961-1.....	24
Tabel 1. 2. Standar kualitas briket	25
Tabel 3. 1. Variasi komposisi yang digunakan (Sari and Wagiman 2017).	57
Tabel 3. 2. Kandungan kimiawi Kayu Sengon.....	62
Tabel 3. 3. Komposisi kandungan kayu Ulin	64
Tabel 3. 4. Tabel komposisi campuran briket arang kayu Sengon dan arang kau Ulin.....	66
Tabel 3. 5. Komposisi campuran briket lengkap dengan perekat	66
Tabel 3. 6. Tabel nilai standar briket arang dari berbagai negara	68
Tabel 3. 7. Nilai pengujian briket arang kayu Sengon dan kayu Ulin dengan perekat Tapioka	69
Tabel 3. 8. Uji dengan ANOVA briket arang kayu Sengon dan kayu Ulin dengan perekat Tapioka	70
Tabel 3. 9. Perubahan tinggi briket serbuk kayu Sengon	75
Tabel 3. 10. Perubahan diameter briket serbuk kayu Sengon....	76
Tabel 3. 11. Nilai kadar kadar air, kadar abu, kadar zat terbang (fly ash), dan kadar karbon terikat.	78
Tabel 3. 12. Nilai kalor	78
Tabel 3. 13. Nilai partikel lepas briket kayu Sengon	79
Tabel 3. 14. Nilai kerapatan briket kayu Sengon.....	81
Tabel 3. 15. Nilai kalor briket kayu Sengon pada berbagai temperatur pencetakan	82
Tabel 3. 16. Tabel perbedaan nilai standar uji dan sampel briket kayu Sengon pada suhu pencetakan temperature pencetakan 100, 120, dan 140 derajat Celsius	83
Tabel 3. 17. Hasil pengujian karakteristik termal briket.	85
Tabel 3. 18. Nilai kualitas briket arang kayu Sengon dengan variasi perekat.....	101
Tabel 3. 19. Komposisi campuran briket kayu Sengon dan tempurung Kelapa serta perekat Tapioka.....	104

Tabel 3. 20. Nilai kalor briket campuran kayu Sengon dan Tempurung Kelapa serta perekat Tapioka (Anggoro et al. 2018).....	105
Tabel 3. 21. Nilai ultimat dari briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka	115
Tabel 3. 22. Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka.....	118
Tabel 3. 23. Nilai Analisa parameter lumpur Batubara	124
Tabel 3. 24. Nilai Analisa parameter kayu Karet.....	124
Tabel 3. 25. Nilai masing-masing parameter uji kualitas briket arang kayu Karet, lumpur Batubara, dan perekat kanji.....	125
Tabel 3. 26. Nilai kadar air rata-rata	136
Tabel 3. 27. Nilai kadar abu rata-rata	137
Tabel 3. 28. Nilai kadar karbon terikat rata- rata	137
Tabel 3. 29. Nilai kadar zat menguap rata-rata.....	137
Tabel 3. 30. Nilai kalor rata-rata.....	138
Tabel 3. 31. Nilai kerapatan rata-rata.....	138
Tabel 3. 32. massa arang yang dihasilkan berdasarkan ukuran partikel arang.	139
Tabel 3. 33. Nilai kuat tekan sampel briket kayu jati dengan perekat kanji pada pengeringan sinar Matahari.....	143
Tabel 3. 34. Nilai kuat tekan sampel briket kayu jati dengan perekat kanji pada pengeringan menggunakan oven	144
Tabel 3. 35. Indikator kualitas mekanik dari sampel biobriket yang diselidiki ($\pm$ standar deviasi) (Brunerová et al. 2018).....	165
Tabel 4. 1. Sifat fisik campuran briket sekam padi dengan limbah lumpur kelapa sawit (POMS).....	193
Tabel 4. 2. Sifat pembakaran campuran briket sekam padi dengan limbah lumpur kelapa sawit (POMS)	193
Tabel 4. 3. Sifat pembakaran campuran briket sekam padi dengan limbah lumpur kelapa sawit (POMS)	194
Tabel 4. 4. Kuantitas biomassa jeruk konvensional dan organik yang digunakan untuk produksi briket	198

Tabel 4. 5. Hasil Nilai rata-rata kadar air, kadar abu, nilai kalor lebih tinggi (HHV), nilai kalor lebih rendah (LHV) dan silika untuk 12 spesimen yang dibuat dari residu biomassa terbarukan dari jeruk, kulit kentang dan sekam padi.....203

BAB I

PENDAHULUAN

Pada BAB I ini diuraikan beberapa gambaran umum tentang biobriket, proses pembuatan biobriket secara umum, pengujian karakteristik biobriket dan beberapa standar kualitas biobriket.

1. Gambaran Umum

Masalah energi bagi kelangsungan hidup manusia menjadi masalah yang rumit di banyak negara di dunia saat ini. Tidak tersedianya cadangan minyak dalam jumlah yang cukup lama memaksa masyarakat untuk melakukan inovasi dalam menyikapinya. Energi merupakan sektor utama dalam perekonomian dunia saat ini yang mengambil peran strategis di masa depan dalam penyediaan sumber daya energi. Pemanfaatan energi semakin meningkat seiring dengan aktivitas manusia, terutama bahan bakar yang berasal dari fosil tumbuhan dan hewan. Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin langka mengakibatkan tingginya harga bahan bakar; oleh karena itu diperlukan bahan bakar alternatif untuk mengurangi penggunaan energi fosil. Residu sangat bervariasi dalam bentuk dan karakteristiknya, yang menentukan seberapa baik mereka dapat digunakan sebagai bahan bakar. Residu tanaman lainnya dianggap membuat bahan bakar lebih miskin. Misalnya, bahan dengan kerapatan rendah dianggap terbakar terlalu cepat, dengan keluaran daya yang berfluktuasi, dalam bentuk yang belum diproses. Agar residu ini menjadi bahan bakar alternatif yang lebih menarik, mereka harus ditingkatkan untuk meningkatkan kinerja pembakarannya. Kajian ini difokuskan pada peningkatan limbah sisa tanaman. Ini bisa sangat berguna bagi masyarakat miskin pedesaan karena mereka seringkali

adalah orang-orang dengan akses paling langsung ke banyak residu(Mandra 2019).

Kebijakan pemerintah saat ini ditambah dengan besarnya hambatan pengembangan energi terbarukan, maka emisi dari sektor energi cenderung meningkat tajam tiga kali lipat pada tahun 2030. Sementara kerusakan lingkungan akibat pembakaran bahan bakar fosil di negara berkembang yaitu terpantau berdampak pada kesehatan, berdampak pada perubahan iklim dan berdampak pada aspek lainnya. Sumber energi alternatif yang dapat diperbarui cukup banyak, antara lain biomassa atau bahan limbah organik. Beberapa biomassa yang memiliki potensi cukup besar adalah limbah kayu, sekam padi, jerami, ampas tebu, tempurung kelapa, cangkang sawit, kotoran ternak, dan limbah kota. Biomassa, terutama dari kayu dan tanaman energi, merupakan pembawa energi penting yang berkontribusi terhadap permintaan energi. Alternatif yang mungkin untuk menutupi kebutuhan energi masa depan adalah pemanfaatan residu yang disebutkan di atas, misalnya untuk produksi bahan bakar padat(Mandra 2019).

Briket arang merupakan bahan bakar padat yang mengandung karbon, memiliki nilai kalor yang tinggi, dan dapat menyala dalam waktu yang lama. Briket yang saat ini diproduksi secara masal adalah briket batubara yang bahan bakunya merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Sedangkan biobriket yang berasal dari sisa tanaman atau sisa limbah belum dikembangkan(Mandra 2019).

Bahan bakar yang mempunyai potensial tinggi salah satunya yaitu briket. Briket mampu memasok energi dalam waktu yang lama. Briket didefinisikan sebagai bahan bakar yang berbentuk padat yang berasal dari sisa-sisa bahan organik, yang telah mengalami proses pemanfaatan dengan daya tekan tertentu. Biobriket adalah batangan arang yang terbuat dari sampah organik yang telah dicetak dengan tekanan tertentu. Pemanfaatan bio briket sebagai bahan

bakar merupakan salah satu solusi alternatif untuk menghemat penggunaan bahan bakar minyak terutama minyak tanah yang saat ini semakin berkurang. Energi biomassa merupakan energi alternatif yang perlu mendapat prioritas dalam pengembangannya. Karena banyak hasil pertanian yang menghasilkan banyak limbah pertanian yang belum termanfaatkan. Bio briket dapat menggantikan penggunaan kayu bakar yang konsumsinya mulai meningkat. Keunggulan bio briket dalam masyarakat yakni harga yang terjangkau.

Bio Briket adalah arang yang terbuat dari berbagai macam bahan hayati atau biomassa, seperti kayu, ranting, daun, rumput kering, atau limbah pertanian lainnya. Biasanya bahan-bahan tersebut dianggap limbah yang tidak berguna sehingga sering dimusnahkan dengan dibakar. Namun, bahan-bahan tersebut sebenarnya bisa diolah menjadi bio charcoal. Bio charcoal ini bisa dijadikan sebagai bahan bakar yang tidak kalah dengan bahan bakar lainnya. Namun untuk memaksimalkan pemanfaatannya, bio briket ini masih harus melalui sedikit proses pengolahan agar menjadi bahan bakar(Mandra 2019).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat biobriket adalah berat jenis partikel arang, kehalusan partikel, temperatur karbonisasi, dan tekanan pemadatan. Formula pencampuran briket juga mempengaruhi sifat briket. Bio briket yang mempunyai kualitas baik biasanya permukaannya halus dan tidak berbekas ditangan apabila dipegang. Selain itu, sebagai bahan bakar, briket juga harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Mudah terbakar,
- Tidak mengeluarkan asap,
- Emisi gas hasil pembakaran tidak beracun,
- Air dan hasil pembakarannya. Hasil pembakaran tidak berjamur jika disimpan dalam waktu lama,
- Menunjukkan laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) yang baik.

Beberapa jenis atau bentuk briket yang umum dikenal antara lain: bantal (oval), sarang lebah, silinder, telur, dan lain-lain. Keunggulan bentuk briket adalah sebagai berikut:

- Ukuran dapat diatur sesuai kebutuhan,
- Porositas dapat diatur untuk memudahkan pembakaran,
- Mudah digunakan sebagai bahan bakar.

Secara umum beberapa spesifikasi briket yang dibutuhkan oleh konsumen adalah:

- Keawetan briket,
- Ukuran dan bentuk sesuai dengan kegunaannya,
- Bersih (tidak berasap), terutama untuk sektor rumah tangga,
- Bebas bahan berbahaya gas,
- Sifat pembakaran yang sesuai dengan kebutuhan (kemudahan pembakaran, efisiensi energi, pembakaran stabil)

Ketersediaan sumber daya saat ini merupakan faktor penting untuk memastikan bahwa sebagian besar biomassa mencapai pasar energi (Hoogwijk et al. 2005). Secara global, bahan bakar biomassa menjadi semakin menarik sebagai pengganti bahan bakar fosil yang sesuai karena meningkatnya permintaan akan energi bersih (Tanger et al. 2013) (Ben-Iwo, Manovic, and Longhurst 2016) (Huang et al. 2017). Selanjutnya, biomassa adalah sumber energi terbarukan, dan kepentingannya akan meningkat seiring kebijakan dan strategi energi nasional lebih fokus pada sumber terbarukan dan konservasi (Demirbas, Balat, and Balat 2009). Penggunaan modern biomassa dibedakan dari penggunaan tradisional energi biomassa melalui konversinya menjadi pembawa energi berkualitas tinggi, seperti listrik dan bahan bakar cair biomassa untuk transportasi (Hoogwijk et al. 2005). Oleh karena itu, biomassa dianggap sebagai sumber energi terbarukan dengan potensi tertinggi untuk berkontribusi pada kebutuhan energi masyarakat modern baik untuk negara industri maupun negara berkembang di

seluruh dunia (Demirbas et al. 2009), sekaligus mengurangi kerusakan lingkungan (Hansted et al. 2016). Konversi bahan tanaman menjadi bentuk energi yang sesuai, biasanya listrik atau bahan bakar untuk mesin pembakaran internal, dapat dicapai dengan menggunakan sejumlah rute berbeda, masing-masing dengan pro dan kontra tertentu (Huang et al. 2017) (Demirbas et al. 2009). Selama ini banyak penelitian yang difokuskan pada energi berkelanjutan dan ramah lingkungan dari biomassa untuk menggantikan bahan bakar fosil konvensional, seperti Lewandowski (Lewandowski 2015), Gumisiriza et al (Gumisiriza et al. 2017), Singh (Singh 2017), Suzuki dkk. (Suzuki et al. 2017) dan banyak lainnya.

Di seluruh dunia, sumber energi biomassa yang paling penting adalah kayu dan limbah kayu, pertanian pertanian dan produk sampingan limbahnya, limbah padat kota, kotoran hewan, limbah buah, limbah dari pengolahan makanan, tanaman air dan ganggang (Demirbas et al. 2009) (Garrido, Conesa, and Garcia 2017). Saat ini, lebih banyak fokus diberikan kepada generasi kedua bahan bakar yang mengkonsumsi residu limbah dan menantang pengembangan teknologi tambahan untuk meningkatkan meningkatkan efisiensi produksi bahan bakar nabati berbasis limbah (Psomopoulos et al. 2014). Guo dkk. mendefinisikan biofuel dalam bentuk cair, gas dan padat; proses produksi biofuel berbeda untuk masing-masing jenis (Guo, Song, and Buhain 2015). Biofuel padat diproduksi dengan menggunakan proses densifikasi, yang bekerja dengan aplikasi tekanan tinggi untuk meningkatkan kepadatan biomassa (bahan baku); produk yang dibuat dengan menggunakan sebagian besar adalah bio-briket yang ditujukan untuk pembakaran langsung (Tumuluru et al. 2011). Keuntungan menggunakan bio-briket sebagai bahan bakar adalah peningkatan nilai kalor, waktu pembakaran yang lebih lama, perbaikan parameter kimiawi (lebih sedikit asap), dan penanganan serta transportasi yang lebih mudah dibandingkan biomassa dalam bentuk curah (Bhattacharya, Leon, and Rahman (2002)).

Briket merupakan bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah. Jenis briket yang ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan adalah biobriket. Biobriket dapat menggantikan penggunaan kayu bakar yang konsumsinya sudah mulai meningkat, dan menggantikan sebagian penggunaan minyak tanah. Biobriket merupakan residu dari pengolahan lahan pertanian atau hutan yang masih memiliki nilai kalor cukup yang selanjutnya dapat disuling menjadi briket yang digunakan sebagai bahan bakar. Bahan bakar organik adalah ampas tebu, batang kayu, yang mendapat perhatian cukup besar sebagai bahan bakar alternatif di rumah tangga dan industri kecil (Ramadhan, Ghazali, and Maryamah 2020) (Demirbas et al. 2009).

Briket ramah lingkungan umumnya terbuat dari biomassa seperti limbah pertanian, sampah organik, atau bahan baku terbarukan lainnya. Proses pembakaran biomassa melibatkan reaksi oksidasi kompleks yang menghasilkan energi panas dan gas buang. Pemahaman tentang karakteristik pembakaran biomassa menjadi dasar penting dalam menetapkan standar kualitas briket. Sifat fisik seperti kerapatan, kekuatan tekan, dan ukuran partikel briket mempengaruhi kinerja pembakaran dan kemudahan penanganan. Sementara itu, sifat kimia seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan kandungan belerang berkaitan dengan efisiensi energi dan emisi yang dihasilkan. Memahami hubungan antara sifat-sifat ini dengan kualitas briket menjadi landasan penting dalam menetapkan standar.

Proses produksi briket, seperti pengeringan, karbonisasi, pencampuran dengan perekat, dan pemadatan, dapat mempengaruhi karakteristik akhir briket. Pemahaman tentang teknologi pembuatan briket membantu dalam menentukan standar yang relevan dan dapat dicapai secara teknis. Salah satu tujuan utama dari standar briket ramah lingkungan adalah meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pemahaman tentang

emisi gas buang, partikulat, dan residu abu dari pembakaran briket menjadi landasan penting dalam menetapkan standar yang aman dan berkelanjutan.

Banyak negara dan organisasi internasional telah mengembangkan regulasi dan standar untuk briket biomassa atau briket ramah lingkungan. Memahami standar-standar ini dan mengadopsinya dengan penyesuaian terhadap kondisi lokal dapat memberikan landasan yang kuat dalam menetapkan standar briket ramah lingkungan.

Dengan menggabungkan pengetahuan dari aspek-aspek di atas, standar briket ramah lingkungan dapat ditetapkan dengan landasan ilmiah yang kuat dan mengacu pada praktik terbaik yang ada. Hal ini akan memastikan bahwa briket ramah lingkungan yang diproduksi memenuhi kriteria kualitas, efisiensi, dan keberlanjutan yang diharapkan.

2. Proses Pembuatan Briket

Briket merupakan salah satu sumber energi alternatif yang semakin diminati sebagai pengganti bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak bumi. Briket terbuat dari bahan baku biomassa atau limbah organik yang dipadatkan dengan tekanan tinggi. Penggunaan briket tidak hanya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin menipis, tetapi juga memanfaatkan limbah organik yang melimpah sehingga lebih ramah lingkungan.

Proses pembuatan briket ramah lingkungan melibatkan beberapa tahapan penting yang harus diperhatikan untuk menghasilkan kualitas briket yang baik. Tahapan ini mencakup persiapan bahan baku, pengeringan, karbonisasi/pirolisis, pencampuran dengan perekat, dan pemadatan.

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama untuk membuat briket ramah lingkungan adalah biomassa seperti limbah pertanian (jerami, sekam padi, tongkol jagung), limbah hutan, sampah organik perkotaan, maupun limbah industri

seperti serbuk gergaji atau sabut kelapa. Bahan baku ini harus dipersiapkan dengan baik, dibersihkan dari kontaminan, dan diperkecil ukurannya untuk memudahkan proses selanjutnya.

2. Pengeringan

Kadar air yang tinggi dalam bahan baku dapat mengurangi nilai kalor briket dan menyebabkan asap tebal saat pembakaran. Oleh karena itu, bahan baku harus dikeringkan terlebih dahulu untuk menurunkan kadar airnya hingga di bawah 10%. Pengeringan dapat dilakukan dengan memanfaatkan sinar matahari atau menggunakan pengering mekanis.

3. Karbonisasi/Pirolisis

Untuk meningkatkan nilai kalor dan mengurangi emisi saat pembakaran, bahan baku biomassa dapat melalui proses karbonisasi atau pirolisis. Dalam proses ini, bahan baku dipanaskan pada suhu tinggi (300-500°C) dalam lingkungan dengan sedikit atau tanpa oksigen, sehingga menghasilkan arang yang kaya karbon dan gas pirolisis.

4. Pencampuran dengan Perekat

Untuk memperkuat ikatan partikel dan membentuk briket yang padat, arang atau biomassa dicampur dengan perekat alami seperti tetes tebu, tepung kanji, atau perekat nabati lainnya. Penggunaan perekat alami lebih ramah lingkungan dibandingkan perekat kimia sintetis.

5. Pemadatan

Campuran arang/biomassa dan perekat kemudian dicetak atau dipadatkan dengan tekanan tinggi menggunakan mesin pencetak briket. Proses ini membentuk briket yang padat dan kuat sehingga lebih tahan terhadap kerusakan selama penanganan dan transportasi.

Setiap tahapan dalam proses pembuatan briket ramah lingkungan memiliki peran penting dalam menentukan kualitas akhir briket, seperti nilai kalor, kadar air, kerapatan, kekuatan tekan, dan emisi saat pembakaran. Dengan mengoptimalkan setiap tahapan, briket ramah lingkungan yang dihasilkan dapat memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dan menjadi sumber energi alternatif yang efisien dan berkelanjutan.

Pemanfaatan residu pertanian sering kali sulit dilakukan karena karakteristiknya yang tidak merata dan merepotkan. Proses pemadatan residu menjadi produk dengan kepadatan yang lebih tinggi dari bahan baku aslinya dikenal sebagai briket. Briket telah membangkitkan banyak minat di negara-negara berkembang di seluruh dunia akhir-akhir ini sebagai teknik untuk meningkatkan residu sebagai sumber energi (Bhattacharya et al. 2002). Mengubah residu menjadi bentuk yang dipadatkan memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut:

- proses ini meningkatkan nilai kalor bersih per satuan volume - produk yang dipadatkan mudah diangkut dan disimpan
- proses ini membantu memecahkan masalah pembuangan residu
- bahan bakar yang dihasilkan memiliki ukuran dan kualitas yang seragam
- Proses ini juga membantu mengurangi deforestasi dengan menyediakan pengganti kayu bakar.

Ada beberapa metode yang tersedia untuk memadatkan biomassa. Briket tekan ulir adalah metode densifikasi populer yang cocok untuk aplikasi skala kecil di negara berkembang. Bahan baku dari hopper diangkut dan dikompresi oleh sekrup dalam briket tekan sekrup. Proses ini dapat menghasilkan briket yang lebih padat dan lebih kuat dibandingkan dengan pengepresan piston. Pada dasarnya ada dua jenis mesin screw press: mesin screw press berbentuk kerucut dan mesin screw press dengan cetakan berpemanas.

Langkah 1: Karbonisasi

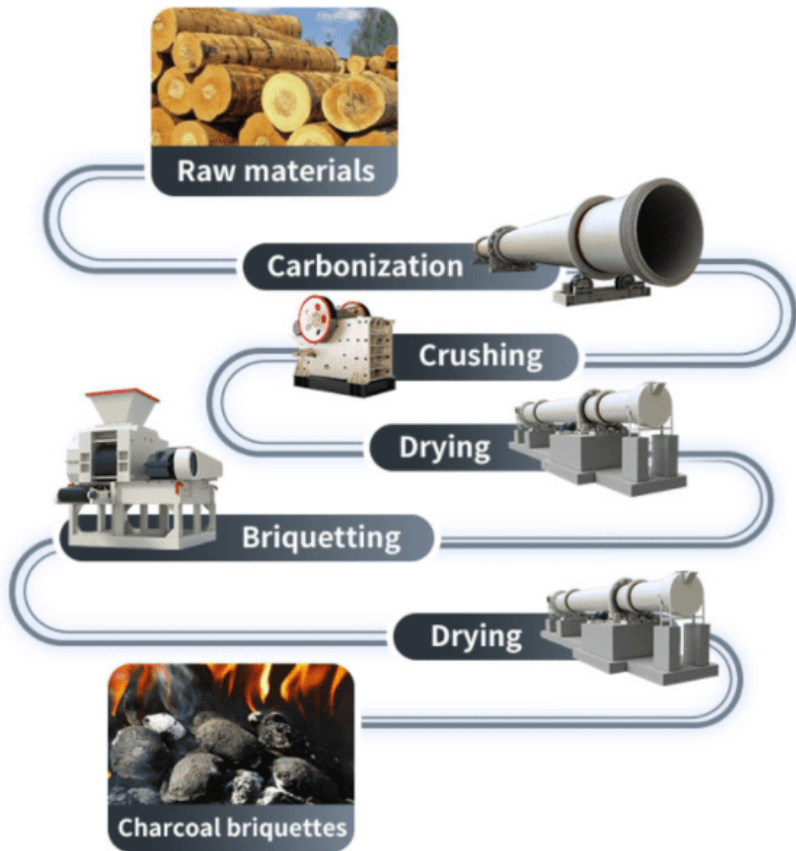
Untuk memulai, panaskan bahan mentah dalam tanur putar. Selama proses pembakaran satu minggu, suhu harus dijaga antara 840 dan 950 derajat Fahrenheit (450 dan 510 derajat Celcius). Tutup saluran masuk udara setelah pembakaran selesai, dan lubang pembuangan setelah satu hingga dua jam pembuangan. Setelah periode pendinginan selama dua minggu, keluarkan kayu yang telah dikarbonisasi dari tanur dan hancurkan.

Langkah 2: Menghancurkan

Hancurkan kayu berkarbonisasi dengan hammer crusher atau roller crusher. Meskipun jenis kayu yang berbeda, seperti kulit kayu, serpihan kayu kering, kayu basah, dan sebagainya, harus dihancurkan menjadi ukuran yang berbeda, umumnya dapat dihancurkan menjadi potongan arang berukuran 5mm atau kurang untuk membuat briket arang berkualitas tinggi.

Langkah 3: Pengeringan

Setelah itu, diperlukan proses pengeringan. Jika kadar air melebihi batas atas empiris, suhu akan naik dan volume tiba-tiba mengembang, berpotensi mengakibatkan ledakan. Pencetakan akan sulit dilakukan jika kadar airnya terlalu rendah. Dengan menggunakan pengering, kurangi kadar air hingga tingkat yang dibutuhkan untuk pembentukan briket sekitar setengahnya (menjadi sekitar 15 persen).



Gambar 1. 1. Proses pembuatan briket (Melia, 2021)

Langkah 4: Briket

Pembuatan briket merupakan langkah penting dalam proses pembuatan arang. Setelah memasuki ball press, bahan baku akan mengalami tiga jenis gaya: gaya penggerak utama mesin briket, gaya gesek, dan gaya sentripetal dinding. Briket arang dapat mempertahankan bentuknya saat jatuh dari dasar mesin karena kelembapan, perekat, suhu (sekitar 105 °F atau 40 °C), dan tekanan rol mesin briket.

Langkah 5: Pengeringan

Masukkan briket arang ke dalam pengering selama tiga hingga empat jam untuk memanaskannya hingga 275°F (135°C) dan kurangi kadar air hingga sekitar 5%. Setelah pembuatan, segera bungkus briket arang atau simpan di silo. Mengikuti langkah-langkah sebelumnya, briket arang akan diproduksi dengan kecepatan 2.200-20.000 pound (1-9 metrik ton) per jam (Melia 2021).

3. Pengujian Karakteristik Briket

Briket ramah lingkungan semakin populer sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan limbah biomassa seperti limbah pertanian, sampah organik, maupun limbah industri, briket ramah lingkungan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin menipis dan berdampak buruk pada lingkungan. Namun, untuk memastikan bahwa briket ramah lingkungan memenuhi standar kualitas dan kinerja yang diharapkan, pengujian kualitas menjadi sangat penting.

Pengujian kualitas briket ramah lingkungan bertujuan untuk mengevaluasi berbagai parameter penting yang mempengaruhi kinerja pembakaran, emisi, serta dampak lingkungan dan kesehatan. Beberapa parameter utama yang perlu diuji meliputi nilai kalor, kadar air, kadar abu, kerapatan, kekuatan tekan, kandungan belerang, dan karakteristik pembakaran seperti waktu penyalaan, laju pembakaran, dan komposisi gas buang.

Nilai kalor merupakan indikator penting untuk mengukur efisiensi energi briket, semakin tinggi nilai kalor semakin baik kinerja pembakarannya. Kadar air yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor dan menyebabkan asap tebal saat pembakaran, sehingga perlu dijaga pada tingkat yang rendah. Kadar abu dan kandungan belerang yang tinggi dapat menghasilkan emisi yang berbahaya dan meningkatkan

residu pembakaran. Sementara itu, kerapatan dan kekuatan tekan briket mempengaruhi ketahanan dan masa bakar briket.

Pengujian kualitas briket ramah lingkungan tidak hanya penting untuk memastikan kinerja yang optimal, tetapi juga untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dengan memenuhi standar kualitas yang ketat, briket ramah lingkungan dapat menjadi sumber energi alternatif yang aman, efisien, dan berkelanjutan.

Hasil pengujian kualitas briket ramah lingkungan akan memberikan informasi penting bagi produsen untuk meningkatkan proses produksi dan formula briket, serta bagi konsumen untuk memilih briket yang berkualitas baik. Selain itu, data pengujian juga dapat digunakan untuk memantau kepatuhan terhadap regulasi dan standar yang berlaku.

Dengan melakukan pengujian kualitas yang komprehensif dan berstandar, briket ramah lingkungan dapat berkontribusi secara signifikan dalam upaya mengurangi emisi gas rumah kaca, mengelola limbah secara berkelanjutan, serta menjamin ketersediaan energi yang terjangkau dan ramah lingkungan bagi masyarakat luas.

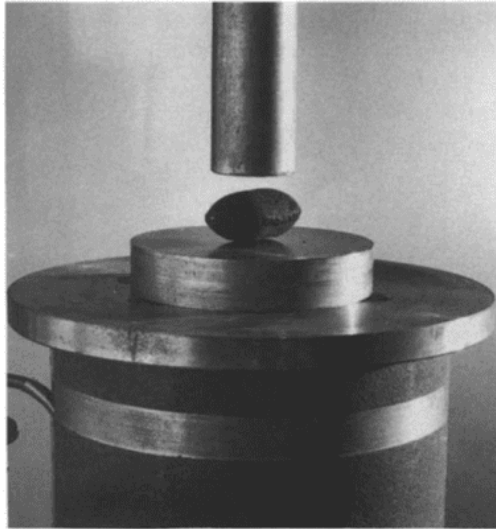
Empat sifat fisik telah diidentifikasi sebagai yang paling penting ketika mengembangkan atau mengevaluasi formulasi atau proses briket bahan bakar. Sifat-sifat tersebut adalah ketahanan terhadap penghancuran, benturan, abrasi, dan penetrasi air. Pengujian acak untuk sifat-sifat ini telah berkembang di laboratorium ini selama satu dekade investigasi pengikat dan formulasi untuk briket batu bara halus dan sejenisnya. Metode pengujian sederhana dijelaskan dan beberapa hasil umum diberikan.

Pengujian beberapa jenis briket bahan bakar pada proses komersial dan percontohan telah digunakan untuk menetapkan nilai target yang realistis untuk keempat sifat fisik ini. Dalam tahap pengembangan prosesnya, disarankan agar pengujian berhubungan dengan bahan briket, bukan

briket sebagai suatu entitas, dan hal ini dapat dicapai dengan mengubah data mentah menjadi berbagai indeks. Hal ini akan memungkinkan perbandingan intra-laboratorium atau antar-laboratorium dari formulasi briket. Pendekatan ini diilustrasikan dengan menyajikan hasil untuk kekuatan tekan, ketahanan benturan dan ketahanan abrasi.

a. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan adalah beban penghancuran maksimum yang dapat ditahan oleh briket sebelum retak atau pecah. Pengujian dilakukan dengan menempatkan satu kuvet di antara dua pelat datar dan paralel yang memiliki area permukaan lebih besar dari area yang diproyeksikan dari briket. Hal ini dapat dilakukan dengan mudah dengan menggunakan mesin uji tarik universal. Beban yang meningkat diterapkan pada tingkat yang konstan, sampai benda uji gagal karena retak atau patah. Pengaturan pengujian ditunjukkan pada Gambar. 1.2. Beban yang menyebabkan spesimen patah tergantung pada konfigurasi pengujiannya. Sebagai contoh, briket silinder identik yang dibuat dalam piston dan cetakan silinder akan mencatat kekuatan tekan yang berbeda jika diuji dengan silinder tegak daripada berbaring miring.

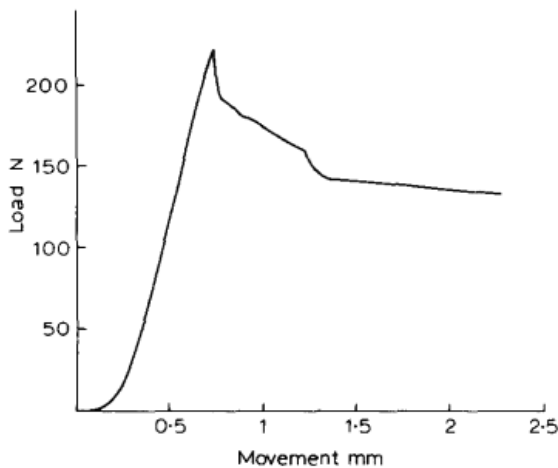


Gambar 1. 2. Proses pengujian kekuatan tekan briket batubara

Secara umum, pengujian harus dilakukan dengan briket pada orientasi terlemahnya, kecuali jika hal ini tidak praktis, misalnya mencoba menyeimbangkan briket yang dipres pada ujungnya. Dengan demikian, briket silinder dan briket yang dipres roll telah diuji dengan posisi miring dan memberikan beban secara diametris pada permukaan yang melengkung. Pelat (secara teoritis) membuat kontak titik atau garis dengan permukaan yang membulat dan kegagalan terjadi akibat gaya tarik semu pada fraktur yang kurang lebih planar di sepanjang garis kontak antara permukaan briket dan pelat.

Pengujian paling mudah dilakukan pada mesin uji tarik mekanis atau hidrolik yang dioperasikan dalam mode kompresi, tetapi perangkat pembebanan laju terkontrol yang lebih sederhana dan lebih murah juga telah digunakan. Beban saat patah dibaca dari kurva tegangan-regangan yang terekam. Kurva tipikal untuk briket yang dipres ditunjukkan pada Gambar 1.3. Biasanya dilakukan enam kali pengukuran beban patah pada kondisi pengujian yang sama dan

melaporkan nilai rata-ratanya. nilai rata-rata dari tegangan yang dihitung sebagai kekuatan tekan.



Gambar 1. 3. kurva tegangan-regangan contoh pengujian briket

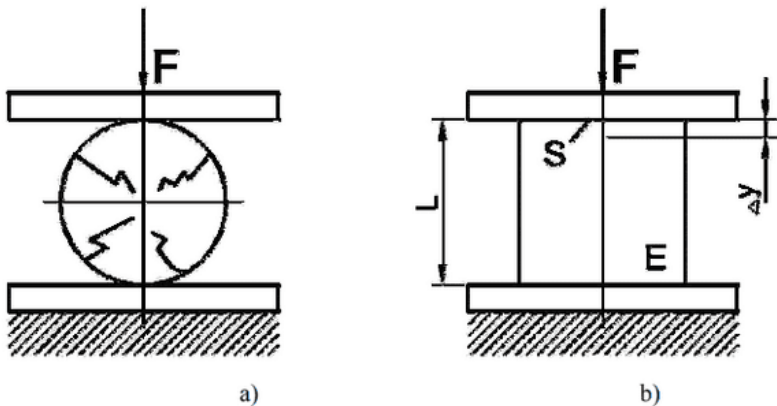
Beban pada titik patah, yaitu beban maksimum, diubah menjadi tegangan menggunakan persamaan:

$$Tegangan = \frac{\text{Beban saat patah}}{\text{luas penampang bidang patahan}}$$

Ekspresikan kuat tekan sebagai tegangan, sebagai gaya per satuan luas dan bukan sebagai gaya, sebagian besar menghilangkan ketergantungan kuat tekan pada ukuran dan bentuk briket dan memungkinkan untuk membandingkan kekuatan bahan briket dan bukan briket itu sendiri. Dengan demikian ukuran atau bentuk briket dapat dirancang untuk memenuhi persyaratan dalam industri (Richards 1990).

Selain itu, Kekuatan briket adalah tekanan maksimal pada die yang dikembangkan pada uji tekanan pada kondisi yang ditentukan. Untuk pemeriksaan kekuatan briket silindris dalam tekanan, dua uji tanah cocok. Pengujian dengan celah (gambar 1.4.a) (tekanan yang mempengaruhi

briket yang berada pada posisi horizontal) dan pengujian kekuatan pada tekanan sederhana (gambar 1.4.b) (tekanan yang mempengaruhi briket yang berada pada posisi vertikal). Briket diletakkan di antara cetakan bulat pemadat yang sama-sama ditekan dengan tekanan yang meningkat sampai hancur. Untuk pengujian, hanya briket yang kompak dan utuh yang digunakan. Briket diletakkan di antara dua cetakan bulat pemadat uji dengan diameter sekitar 30 mm ke tengah permukaan cetakan. Tekanan die sama-sama meningkatkan tekanan briket selama pengujian. Nilai maksimum yang diperiksa menentukan kekuatan briket dalam tekanan. Pada kedua pengujian tersebut diukur gaya maksimal yang dicapai oleh briket yang diuji. Dalam pengujian celah, rasio gaya maksimal - panjang briket merupakan indikator kekuatan briket.



Gambar 1. 4. Perkiraan kekuatan briket a) Pengujian dengan celah; b) pengujian kekuatan pada tekanan sederhana (Richards 1990).

Kualitas briket dapat dievaluasi juga dengan kekerasan briket. Pada dasarnya, briket lebih kuat memiliki kualitas yang lebih baik. Kekerasan briket dan dengan demikian kualitas briket dapat diperiksa dengan sangat mudah dengan memasukkan briket ke dalam gelas berisi air. Briket yang berkualitas harus segera jatuh karena ia memiliki kerapatan spesifik yang lebih tinggi daripada air.

b. Ketahanan Air

Ketika aglomerasi dicapai melalui briket tanpa pengikat, briket panas atau penggunaan pengikat yang tidak larut, briket batubara biasanya tahan terhadap air. Di sisi lain, banyak briket yang diikat menggunakan pengikat yang peka terhadap air dan termasuk bahan pengisi berpori, mis. arang. Dalam kasus seperti itu, mungkin perlu kedap air dan menguji produk.

Kebutuhan bahan bakar briket agar tahan air sangat bergantung pada penggunaan akhirnya. Sebagian besar, jika tidak semua, produsen briket barbekyu, menggunakan pati atau bahan pengikat yang larut dalam air lainnya, memasarkan produk mereka dalam bentuk kemasan untuk menghindari kerusakan akibat paparan singkat terhadap hujan atau pembasahan yang tidak disengaja. Di sisi lain, produsen briket bahan bakar industri biasanya harus menghadapi cuaca untuk produk mereka untuk mengakomodasi transportasi di gerobak atau truk terbuka dan penimbunan di luar ruangan. Jadi sebagian besar briket bahan bakar industri telah memasukkan pengikat yang tidak larut dalam air atau beberapa metode pemeriksaan air untuk melindungi pengikat yang larut.

Tes ketahanan air yang digunakan dalam hal ini tidak dimaksudkan sebagai ukuran ketahanan cuaca jangka panjang. Uji pencelupan dalam air sederhana pada satu briket, untuk mengevaluasi ketahanan terhadap penyerapan air dan disintegrasi. Sebuah briket yang telah ditimbang dicelupkan ke dalam air keran yang dingin dan diperiksa apakah ada kecenderungan untuk hancur dengan memberikan tekanan jari pada interval sekitar 10 menit. Jika briket bertahan selama 30 menit perendaman, briket ditarik, dilap untuk menghilangkan kelembaban permukaan dan ditimbang kembali. Hasilnya telah dilaporkan secara terpisah dalam hal deskriptif kecenderungan dan waktu untuk hancur dan penyerapan persen. Disarankan bahwa indeks ketahanan air (WRI), di mana

$$WRI = 100 - \% \text{ air diserap}$$

(setelah 30 menit perendaman)

Persamaan diatas dapat memberikan perbandingan yang lebih kuantitatif. Nilai 95 untuk WRI akan menjadi target yang wajar untuk sebagian besar jenis briket yang mempertahankan integritas setelah 30 menit perendaman (Richards 1990).

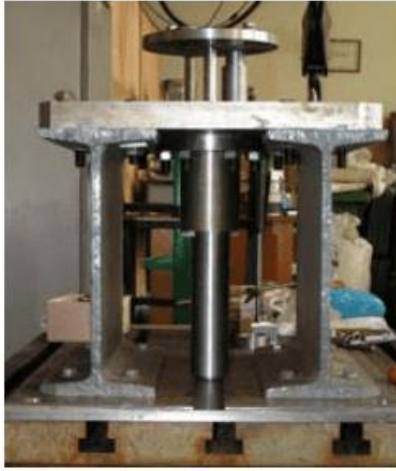
c. Kerapatan Briket

Kepadatan briket sangat penting dilihat dari manipulasi, kecepatan pembakaran, stabilitas briket,dll. Briket harus konsisten. Jika tidak, retakan, goresan, dan elemen halus akan terjadi apa yang tidak diterima. Briket dengan kepadatan yang lebih tinggi memiliki waktu pembakaran yang lebih lama. Berdasarkan standar mutu briket (tabel 1.2) Pada tabel 1.2 interval nilai densitas briket 1 – 2 (g.cm^{-3}) untuk standar mutu jepang.

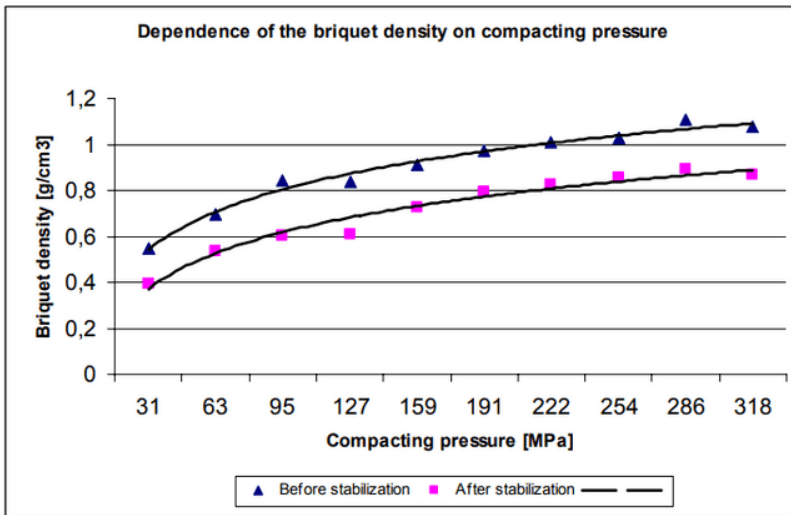
Metode pengujian kepadatan briket yakni dengan mengukur dimensi dari briket dan menimbang massa briketnya. Hal yang perlu dilakukan yaitu harus menimbang sepotong briket dan mengukur diameter dan panjangnya. Setelah itu, mengevaluasi kerapatan briket sebelum stabilisasi dari nilai-nilai ini sesuai dengan rasio berikut(Križan 2007):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dimana ρ = Nilai kerapatan, m =massa briket dan V = volume briket. Beberapa eksperimen dirancang untuk membuat kerapatan dari riket semakin baik, salah satunya merancang alat pres atau tekan yang digunakan dalam proses pemadatan briket (gambar 1.5).



Gambar 1. 5. Alat pemadat briket dengan gaya yang terukur(Križan 2007)



Gambar 1. 6. Pengukuran densitas terhadap tekanan yang diberikan(Križan 2007)

Prinsip alat tersebut yaitu seperti sistem hidrolik. Dimana serbuk briket diletakkan dalam sebuah cetakan kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat tersebut (gambar 1.5.) Berapa hasil penelitian (gambar 1.6)

menunjukkan bahwa semakin besar gaya pemadatan yang diberikan maka nilai densitas briket akan semakin besar.

d. Nilai Kalor

Nilai kalor (atau nilai kalor) adalah standar mengukur kandungan energi bahan bakar. Ini didefinisikan sebagai jumlah panas yang dilepaskan ketika satu satuan berat bahan bakar benar-benar terbakar dan produk pembakarannya didinginkan hingga 298K. Ketika panas laten kondensasi dari air termasuk dalam nilai kalor, itu disebut sebagai nilai kalor bruto atau nilai kalor yang lebih tinggi. Namun, di kompor, kelembapan apa pun yang terkandung di dalamnya bahan bakar dan yang terbentuk selama proses pembakaran terbawa sebagai uap air, sehingga panasnya tidak tersedia. Oleh karena itu, berguna untuk mengurangi panas dari kondensasi air ini dari nilai kalor bruto.

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan menggunakan bom kalorimeter (gambar 7)(Mandra 2019). Ini adalah perangkat yang digunakan untuk menentukan panas dilepaskan oleh bahan bakar dan oksigen pada volume tetap. Nilai kalor bahan bakar briket yang diperoleh kalorimeter bom adalah nilai kalor tertinggi (HHV) untuk dan nilai kalor terendah (LHV) untuk Perhitungan nilai kalor bruto berdasarkan standar ASTM D240.

Serapan panas yang dihasilkan pada bomb calorimeter dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Dimana Q adalah panas yang diserap (kJ); m adalah massa air di dalam bomb calorimeter(gr); C_p adalah tetapan panas yang spesifik (4,186 kJ/kg°C) dan ΔT adalah perbedaan temperatur.



Gambar 1. 7. Bomb Kalorimeter (Mandra 2019)

e. Kadar Abu dan Zat Terbang

Penentuan zat terbang: Sampel kering dari briket yang tersisa di cawan lebur ditutup dengan penutup dan ditempatkan dalam tanur listrik yang dipertahankan pada suhu 925° C selama tujuh menit. Cawan lebur pertama didinginkan di udara, kemudian di dalam desikator dan ditimbang lagi. Kerugian dalam bobot dilaporkan sebagai materi yang mudah menguap berdasarkan persentase.

$$VM \% = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100$$

W1 = berat cawan kosong, (g) ; W2 = berat wadah + sampel, (g); W3 = berat cawan + contoh setelah dipanaskan, (g)

Penentuan kadar abu: Sisa sampel dalam cawan lebur dipanaskan tanpa penutup dalam tanur listrik pada suhu 700° selama satu jam. Cawan lebur kemudian dikeluarkan, didinginkan terlebih dahulu di udara kemudian di desikator dan ditimbang. Pemanasan pendinginan dan penimbangan

diulangi sampai diperoleh berat konstan. Residu dilaporkan sebagai abu berdasarkan persentase:

$$\text{Ash content \%} = \frac{W_5 - W_4}{W_5 - W_6} \times 100$$

Di mana VM adalah bahan yang mudah menguap, W4 = berat wadah kosong, (g); W5 = berat wadah + sampel, (g); W6 = berat cawan + sampel setelah dipanaskan, (g) (Akpenpuun et al. 2020).

4. Standar Briket

Dalam upaya mendukung pembangunan berkelanjutan dan mengurangi dampak lingkungan dari bahan bakar fosil, penting untuk memproduksi dan menggunakan briket ramah lingkungan yang memenuhi standar kualitas tertentu. Standar ini bertujuan untuk memastikan bahwa briket yang diproduksi memiliki kinerja bakar yang efisien, aman digunakan, serta meminimalkan emisi dan dampak negatif terhadap lingkungan.

Briket ramah lingkungan harus diproduksi dari bahan baku terbarukan seperti biomassa pertanian, limbah industri, atau sampah organik. Penggunaan bahan baku ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, tetapi juga memberikan solusi untuk pengelolaan limbah secara berkelanjutan. Dengan menerapkan standar kualitas yang ketat, briket ramah lingkungan dapat menjadi sumber energi alternatif yang layak dan terjangkau bagi rumah tangga maupun industri kecil. Standar ini mencakup parameter penting seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu, kerapatan, kekuatan tekan, kandungan belerang, dan penggunaan perekat alami.

Kepatuhan terhadap standar kualitas briket ramah lingkungan akan memastikan bahwa produk akhir memiliki kinerja pembakaran yang optimal, menghasilkan sedikit

emisi dan residu, serta aman bagi kesehatan dan lingkungan. Selain itu, standar ini juga akan mendorong peningkatan kualitas dan daya saing briket ramah lingkungan di pasar domestik maupun global. Dengan demikian, standar kualitas briket ramah lingkungan merupakan langkah penting dalam transisi menuju sumber energi terbarukan dan berkelanjutan, sekaligus menjaga kelestarian lingkungan untuk generasi mendatang.

Biofuel padat mencakup berbagai ukuran dan bentuk mulai dari pelet kayu hingga bal jerami. Padat biomassa dan dimensi tipikal serta metode persiapannya ditentukan di Eropa standar EN 14961 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.1 (Stelte 2012)

Tabel 1. 1. Biomassa padat di pasaran EN 14961-1

Name	Typical particle size	Preparation
Whole tree	> 500 mm	No preparation or delimbing
Wood chips	5 to 100 mm	Cutting with sharp tools
Hog fuel	undefined	Crushing with blunt tools
Log wood/firewood	100 to 1000 mm	Cutting with sharp tools
Bark	undefined	Debarking residues from trees, can be crushed, shredded or unshredded
Bundle	undefined	Lengthwise oriented & bound
Fuel powder	< 1 mm	Milling
Sawdust	1 to 5 mm	Cutting with sharp tools
Shavings	1 to 30 mm	Planing with sharp tools
Briquettes	Diameter > 25 mm	Mechanical compression
Pellets	Diameter < 25 mm	Mechanical compression
Small square bales	0.1 m ³	Compressed and bound to cubes
Big square bales	3.7 m ³	Compressed and bound to cubes
Round bales	2.1 m ³	Compressed and bound to cylinders
Chopped straw or energy grass	10 to 200 mm	Chopped during harvesting or before combustion
Grain or seed	undefined	No preparation or drying except for process operations necessary for storage
Shells and fruit stones	5 to 15 mm	No preparation or pressing and extraction by chemicals
Fiber cake	undefined	Prepared from fibrous waste by dewatering

Beberapa standar briket di berbagai negara di dunia tersaji pada Tabel 3.2

Tabel 1. 2. Standar kualitas briket

Sifat-sifat	Standar Mutu					
	Komersial	Impor	Jepang	Inggris	USA	SNI
Moisture %	7,75	6 s/d 8	6 s/d 8	3 s/d 4 8 s/d	6	8
Ash %	5,51	3 s/d 6	3 s/d 6	10	18	8
Volatile Matters %	13,14	15 s/d 30	15 s/d 30	16	19	15
Fixed Carbon %	78,35	60 s/d 80	60 s/d 80	75	58	
Kerapatan g/cm ³	0,4407		1 s/d 2	0,84	1	
Kekuatan Tekan Kg/cm ²			60	12,7	62	
Nilai Kalor kcal/g	6814,11	6000 s/d 7000	6000 s/d 7000	7300	6500	5000

(Anggoro, Wibawa, and Fathoni 2018)

Berikut ini adalah beberapa standar kualitas briket ramah lingkungan yang umumnya digunakan:

a. Nilai Kalor (Heating Value)

Nilai kalor merupakan indikator penting untuk mengukur efisiensi energi briket. Standar nilai kalor yang baik adalah di atas 4.000 kkal/kg. Semakin tinggi nilai kalor, semakin efisien pembakaran briket.

b. Kadar Air (Moisture Content)

Kadar air yang tinggi dalam briket dapat mengurangi nilai kalor dan menyebabkan banyak asap saat pembakaran. Standar kadar air maksimum untuk briket adalah kurang dari 8%.

c. Kadar Abu (Ash Content)

Kadar abu yang tinggi menunjukkan banyaknya kandungan bahan anorganik yang tidak terbakar dalam briket. Standar kadar abu maksimum adalah kurang dari 15%.

d. Kerapatan (Density)

Kerapatan briket yang tinggi menunjukkan bahwa briket tersebut lebih padat dan memiliki masa bakar yang lebih lama. Standar kerapatan minimal briket adalah $0,6 \text{ g/cm}^3$.

e. Kekuatan Tekan (Compressive Strength)

Kekuatan tekan mengukur ketahanan briket terhadap kerusakan fisik selama penanganan dan transportasi. Standar kekuatan tekan minimal adalah $6,25 \text{ kg/cm}^2$.

f. Kandungan Belerang (Sulfur Content)

Kandungan belerang yang tinggi dalam briket dapat menyebabkan polusi udara dan korosi peralatan. Standar kandungan belerang maksimum adalah kurang dari $0,8\%$.

g. Bahan Perekat

Untuk briket ramah lingkungan, disarankan menggunakan perekat alami seperti tetes tebu, tepung kanji, atau senyawa nabati lainnya. Hindari penggunaan perekat kimia.

h. Daya Bakar

Briket ramah lingkungan sebaiknya memiliki daya bakar yang lama dengan sedikit asap dan bau yang minimal saat pembakaran.

Standar-standar ini dapat bervariasi di setiap negara atau wilayah, tetapi secara umum mengacu pada kualitas briket yang efisien, aman, dan ramah lingkungan. Penting bagi produsen briket untuk memenuhi standar kualitas ini.

BAB II

INOVASI DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BRIKET

1. Teknologi baru Briket

Briket merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari bahan organik terkompresi seperti biomassa pertanian, sampah kota, atau batubara. Sejalan dengan tren menuju energi terbarukan dan berkelanjutan, teknologi baru dalam produksi briket terus dikembangkan untuk menghasilkan briket yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Salah satu teknologi terbaru adalah proses pirolisis. Pirolisis adalah proses pemanasan bahan organik tanpa oksigen untuk mengubahnya menjadi arang, gas sintesis, dan cairan organik. Arang yang dihasilkan dari proses ini memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dan lebih sedikit emisi ketika dibakar dibandingkan dengan briket konvensional. Selain itu, gas sintesis dan cairan organik dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau bahan kimia.

Teknologi lain yang menjanjikan adalah penggunaan mikroorganisme untuk memproduksi briket. Mikroorganisme seperti jamur dan bakteri dapat digunakan untuk menguraikan biomassa menjadi senyawa yang lebih sederhana, yang kemudian dapat dicetak menjadi briket. Briket yang dihasilkan dengan cara ini memiliki nilai kalor yang tinggi dan sangat sedikit emisi saat dibakar. Selain itu, teknologi pembriketan tanpa perekat juga semakin populer. Perekat seperti tar atau clay sering digunakan dalam produksi briket konvensional, namun bahan-bahan ini dapat menimbulkan emisi berbahaya saat dibakar. Dengan teknologi baru, briket dapat dibuat tanpa menggunakan perekat dengan cara memanfaatkan tekanan dan panas tinggi

untuk mengikat partikel biomassa secara alami. Teknologi-teknologi baru ini tidak hanya menghasilkan briket yang lebih ramah lingkungan, tetapi juga lebih efisien dan ekonomis dalam proses produksinya. Dengan terus dikembangkannya teknologi briket yang berkelanjutan, kita dapat mengharapkan sumber energi yang lebih bersih dan terbarukan di masa depan.

Teknologi baru dalam pembuatan briket yang berfokus pada penggunaan bahan baku alternatif dan proses produksi yang ramah lingkungan telah dikembangkan. Salah satu contoh adalah penggunaan limbah organik seperti tongkol jagung, ampas kelapa, cangkang sawit, dan lain-lain sebagai bahan baku briket. Proses produksi briket ini dilakukan dengan cara karbonasi dan pencetakan, yang memungkinkan briket untuk memiliki nilai kalor yang tinggi dan efisiensi penggunaan bahan baku yang lebih baik. Selain itu, teknologi ini juga dapat mengurangi biaya produksi dan menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Berikut adalah beberapa jenis briket yang ramah lingkungan:

a. Briket Biomassa

Briket biomassa terbuat dari sisa-sisa bahan organik seperti jerami, sekam padi, tongkol jagung, sabut kelapa, dan lain-lain. Bahan baku ini merupakan limbah pertanian yang melimpah dan terbarukan. Briket biomassa memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dan emisi yang rendah saat dibakar.

b. Briket Sampah Kota

Teknologi terbaru memungkinkan pembuatan briket dari sampah organik perkotaan seperti daun kering, sisa makanan, dan kertas bekas. Briket ini memanfaatkan limbah yang biasanya dibuang dan

memberikan solusi ramah lingkungan untuk penanganan sampah.

c. Briket Arang Batok Kelapa

Batok kelapa yang merupakan limbah industri kelapa dapat diolah menjadi arang yang kemudian dicetak menjadi briket. Briket arang batok kelapa memiliki nilai kalor yang tinggi dan cukup bersih saat dibakar.

d. Briket Campuran Biomassa dan Sampah

Beberapa produsen mencampur berbagai jenis biomassa dan sampah organik untuk menghasilkan briket yang lebih efisien dan ekonomis. Campuran ini memanfaatkan berbagai sumber bahan baku terbarukan.

e. Briket Tanpa Perekat

Teknologi baru memungkinkan pembuatan briket tanpa menggunakan perekat seperti tar atau clay yang dapat mencemari lingkungan saat dibakar. Briket ini dicetak dengan tekanan dan panas tinggi untuk mengikat partikel biomassa secara alami.

Briket-briket ramah lingkungan ini tidak hanya memberikan solusi energi terbarukan, tetapi juga membantu mengurangi limbah pertanian dan sampah perkotaan. Pembuatan dan penggunaan briket jenis ini terus didorong untuk mengurangi dampak lingkungan dari bahan bakar fosil.

2. Produksi Briket Ramah Lingkungan

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi global dan kesadaran tentang dampak lingkungan dari bahan bakar fosil, upaya untuk mencari sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan semakin penting. Salah satu solusi yang semakin mendapat perhatian adalah

produksi briket ramah lingkungan dari bahan baku biomassa dan limbah organik.

Briket merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari bahan organik terkompresi. Selama ini, briket seringkali diproduksi dari batubara atau bahan bakar fosil lainnya yang berkontribusi terhadap pencemaran udara dan emisi gas rumah kaca. Namun, dengan memanfaatkan limbah biomassa seperti limbah pertanian, sampah organik perkotaan, maupun limbah industri, briket ramah lingkungan dapat menjadi sumber energi terbarukan yang lebih berkelanjutan.

Produksi briket ramah lingkungan tidak hanya memberikan manfaat lingkungan, tetapi juga manfaat ekonomi dan sosial. Dari sisi lingkungan, penggunaan bahan baku terbarukan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meminimalkan emisi gas rumah kaca. Selain itu, produksi briket juga membantu mengelola limbah organik yang seringkali menjadi masalah di daerah pedesaan dan perkotaan.

Dari sisi ekonomi, produksi briket ramah lingkungan dapat menciptakan lapangan kerja baru dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal. Bahan baku yang melimpah dan murah, seperti limbah pertanian, dapat menjadi sumber pendapatan bagi petani dan masyarakat sekitar. Selain itu, briket ramah lingkungan juga dapat menjadi sumber energi yang terjangkau bagi masyarakat yang tidak memiliki akses ke sumber energi modern.

Dari sisi sosial, produksi briket ramah lingkungan dapat meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup masyarakat. Dibandingkan dengan bahan bakar tradisional seperti kayu bakar atau arang, briket ramah lingkungan menghasilkan lebih sedikit asap dan emisi berbahaya, sehingga mengurangi risiko penyakit pernapasan dan masalah kesehatan lainnya.

Dengan potensi manfaat yang besar, produksi briket ramah lingkungan menjadi prioritas dalam upaya mencapai pembangunan berkelanjutan. Namun, untuk memastikan

kualitas dan keamanan briket, diperlukan standar dan regulasi yang ketat, serta teknologi produksi yang efisien dan ramah lingkungan. Dengan dukungan yang tepat, produksi briket ramah lingkungan dapat berkontribusi secara signifikan dalam menyediakan sumber energi yang terjangkau, andal, dan berkelanjutan bagi masyarakat global. Proses produksi briket yang ramah lingkungan melibatkan langkah-langkah penting yang berfokus pada penggunaan bahan baku yang tidak berpotensi mencemari area sekitar dan menjaga kualitas bahan baku sebaik mungkin untuk terangkum dalam produk akhir. Berikut adalah beberapa langkah yang umum dilakukan dalam proses produksi briket yang ramah lingkungan:

1. **Pemilihan Bahan Baku:** Bahan baku yang digunakan harus berpotensi rendah dalam mencemari lingkungan, seperti limbah organik seperti tongkol jagung, ampas kelapa, cangkang sawit, dan lain-lain
2. **Pengumpulan dan Pengolahan Bahan Baku:** Bahan baku dikumpulkan dan diolah untuk mengurangi kandungan air dan meningkatkan kualitas bahan baku. Proses pengolahan ini dapat melibatkan langkah-langkah seperti pengeringan, penghancuran, dan pengayakan
3. **Pembuatan Briket:** Bahan baku yang telah diolah kemudian dicampur dengan bahan tambahan lain seperti aditif dan pengikat, lalu dipadatkan menjadi briket. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan mesin atau cara manual
4. **Pengawasan Kualitas:** Kualitas briket yang dihasilkan harus dipantau secara ketat untuk memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar kebersihan dan kekuatan yang diharapkan. Hal ini termasuk pengujian kadar air, kadar abu, dan nilai kalor
5. **Pengemasan dan Penyimpanan:** Briket yang telah diproduksi kemudian dikemas dan disimpan dengan cara yang tepat untuk mengurangi risiko kerusakan dan mencemari lingkungan

Dengan mengikuti proses produksi yang ramah lingkungan, briket yang dihasilkan dapat memiliki nilai kalor yang tinggi dan efisiensi penggunaan bahan baku yang lebih baik, serta mengurangi biaya produksi dan menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

3. Briket Arang Kelapa

Briket arang batok kelapa adalah jenis briket yang terbuat dari arang tempurung atau batok kelapa. Berikut adalah beberapa informasi lengkap mengenai briket arang batok kelapa meliputi Bahan baku utama, Proses produksi dan keunggulannya. Bhan baku briket ini adalah tempurung atau batok kelapa. Batok kelapa merupakan limbah padat dari industri kelapa yang melimpah dan terbarukan.

Proses Produksinya yakni Batok kelapa dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air. Batok kering kemudian dibakar dalam tungku pembakaran (drum/kiln) dengan sedikit oksigen untuk menghasilkan arang. Arang batok kelapa dihancurkan menjadi serbuk/butiran halus. Serbuk arang dicampur dengan perekat alami seperti tetes tebu/molase untuk dapat dicetak menjadi briket. Campuran dicetak dengan tekanan tinggi sehingga membentuk briket yang padat.

Beberapa Keunggulan dari batok arang kelapa ini antara lain:

- Nilai kalor yang tinggi, sekitar 6000-7000 Kal/gram sehingga pembakaran lebih efisien.
- Kadar abu yang rendah, sekitar 2-5% sehingga lebih bersih saat dibakar.
- Tidak berasap tebal saat dinyalakan.
- Waktu pembakaran yang lama, sekitar 1-2 jam untuk briket 200-300 gram.
- Ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah batok kelapa.

- Dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga maupun industri kecil.

Briket arang batok kelapa telah banyak diproduksi di berbagai negara penghasil kelapa seperti Indonesia, Malaysia, dan India. Produksi briket ini membantu memanfaatkan limbah batok kelapa menjadi bahan bakar terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan.

Langkah-langkah penting dalam proses produksi briket arang kelapa melibatkan beberapa tahapan yang berikut:

- a. Pengumpulan Bahan Baku: Bahan baku tempurung kelapa dikumpulkan dan diolah untuk mengurangi kandungan air dan meningkatkan kualitas bahan baku
- b. Pengolahan Bahan Baku: Bahan baku yang dikumpulkan kemudian diolah untuk mengurangi kandungan air dan meningkatkan kualitas bahan baku. Proses pengolahan ini dapat melibatkan langkah-langkah seperti pengeringan, penghancuran, dan pengayakan
- c. Pembakaran: Bahan baku yang telah diolah kemudian dibakar untuk menghasilkan arang. Proses pembakaran dapat dilakukan dengan menggunakan metode pembakaran pirolisis
- d. Penghancuran Arang: Arang yang dihasilkan kemudian dihancurkan menjadi tepung agar dapat digunakan sebagai bahan baku briket
- e. Pembuatan Briket: Tepung arang yang telah dihasilkan kemudian dicampur dengan bahan tambahan lain seperti lem kanji dan dicetak menjadi briket. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan mesin atau cara manual
- f. Pengawasan Kualitas: Kualitas briket yang dihasilkan harus dipantau secara ketat untuk memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar kebersihan dan kekuatan yang diharapkan. Hal ini termasuk pengujian kadar air, kadar abu, dan nilai kalor

- g. Pengemasan dan Penyimpanan: Briket yang telah diproduksi kemudian dikemas dan disimpan dengan cara yang tepat untuk mengurangi risiko kerusakan dan mencemari lingkungan

Dengan mengikuti langkah-langkah penting ini, briket arang kelapa yang dihasilkan dapat memiliki nilai kalor yang tinggi dan efisiensi penggunaan bahan baku yang lebih baik, serta mengurangi biaya produksi dan menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Bahan yang dibutuhkan dalam proses produksi briket arang kelapa melibatkan beberapa komponen yang berikut:

- a. Tempurung Kelapa: Limbah tempurung kelapa yang dikumpulkan dan diolah untuk mengurangi kandungan air dan meningkatkan kualitas bahan baku
- b. Sabut Kelapa: Sabut kelapa digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses pembuatan briket arang kelapa
- c. Tepung Tapioka: Tepung tapioka digunakan sebagai perekat dalam proses pembuatan briket arang kelapa
- d. Lem Kanji: Lem kanji digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses pembuatan briket arang kelapa
- e. Air: Air digunakan dalam proses pengolahan bahan baku untuk mengurangi kandungan air dan meningkatkan kualitas bahan baku
- f. Pengereng: Pengereng digunakan untuk mengurangi kandungan air dalam bahan baku sebelum proses pembuatan briket
- g. Penghancur: Penghancur digunakan untuk menghancurkan bahan baku menjadi tepung agar dapat digunakan sebagai bahan baku briket
- h. Cetakan: Cetakan digunakan untuk mencetak briket arang kelapa setelah campuran bahan baku telah dipadatkan

- i. Pengukur Kekerasan: Pengukur kekerasan digunakan untuk menguji kekerasan briket arang kelapa yang dihasilkan
- j. Jangka Sorong: Jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang briket arang kelapa yang dihasilkan

Dengan menggunakan bahan-bahan yang tepat dan proses produksi yang efektif, briket arang kelapa yang dihasilkan dapat memiliki nilai kalor yang tinggi dan efisiensi penggunaan bahan baku yang lebih baik, serta mengurangi biaya produksi dan menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Dalam pengembangan teknologi briket berbahan arang tempurung kelapa, terdapat beberapa tantangan yang perlu dihadapi. Salah satunya adalah memastikan arang tempurung kelapa yang digunakan berkualitas tinggi dan bersih dari zat-zat yang berpotensi merusak kualitas briket. Selain itu, proses produksi briket juga perlu dioptimalkan agar menghasilkan briket yang padat, mudah terbakar, dan ramah lingkungan. Menjaga ketersediaan bahan baku arang tempurung kelapa dalam jumlah yang memadai juga menjadi faktor kunci dalam pengembangan teknologi ini. Dengan mengatasi tantangan ini, teknologi briket berbahan arang tempurung kelapa dapat menjadi solusi yang berkelanjutan dalam mengurangi limbah dan mendukung penggunaan energi alternatif.

4. Briket Bonggol Jagung

Seiring dengan meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan, pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi terbarukan menjadi semakin penting. Salah satu limbah pertanian yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan adalah tongkol jagung. Dengan jumlah produksi jagung yang melimpah di banyak negara, tongkol jagung seringkali menjadi limbah yang terbuang percuma. Namun, dengan

teknologi yang tepat, limbah ini dapat diubah menjadi briket ramah lingkungan yang efisien dan ekonomis.

Briket dari tongkol jagung memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti batubara atau minyak bumi. Pertama, briket ini berasal dari sumber daya terbarukan, sehingga lebih berkelanjutan dalam jangka panjang. Kedua, pembuatan briket dapat mengurangi jumlah limbah pertanian yang terbuang dan berpotensi mencemari lingkungan. Ketiga, briket tongkol jagung menghasilkan lebih sedikit emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya saat dibakar, sehingga lebih ramah lingkungan.

Proses pembuatan briket dari tongkol jagung melibatkan beberapa tahapan. Pertama, tongkol jagung kering dipotong dan dihancurkan menjadi serbuk halus. Kemudian, serbuk ini dicampur dengan perekat alami seperti tepung kanji atau tetes tebu. Campuran ini selanjutnya dicetak dengan tekanan tinggi sehingga membentuk briket yang padat dan kuat. Secara rinci proses pembuatan briket dari limbah tongkol jagung melibatkan beberapa tahapan penting, antara lain:

- a) Persiapan Bahan Baku
Tongkol jagung yang sudah dipisahkan dari buah jagung dikumpulkan dan dibersihkan dari kotoran atau sisa-sisa kulit. Tongkol jagung kemudian dikeringkan hingga kadar airnya rendah, biasanya di bawah 10%.
- b) Penghancuran
Tongkol jagung kering dihancurkan atau digiling menjadi serbuk halus menggunakan mesin penghancur atau penggiling. Ukuran serbuk yang halus akan memudahkan proses pemadatan dan meningkatkan kualitas briket.
- c) Pencampuran dengan Perekat
Serbuk tongkol jagung dicampur dengan perekat alami seperti tepung kanji, tetes tebu, atau perekat nabati lainnya. Perekat berfungsi untuk mengikat partikel

serbuk sehingga briket menjadi lebih padat dan kuat. Perbandingan serbuk dan perekat biasanya sekitar 8:1 hingga 10:1

d) Pencetakan/Pemadatan

Campuran serbuk tongkol jagung dan perekat dimasukkan ke dalam cetakan mesin pencetak briket. Mesin akan memberikan tekanan tinggi, biasanya 50-150 kg/cm², untuk memadatkan campuran menjadi bentuk briket. Briket yang terbentuk akan lebih padat, kuat, dan memiliki kerapatan yang tinggi.

e) Pengeringan (Opsional)

Setelah dicetak, briket dapat dikeringkan kembali untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan nilai kalornya. Pengeringan dapat dilakukan dengan sinar matahari atau menggunakan pengering mekanis.

f) Pengemasan dan Penyimpanan Briket yang sudah kering dikemas dalam karung atau kemasan yang sesuai untuk menjaga kualitasnya. Briket disimpan di tempat yang kering dan terhindar dari kelembapan untuk mencegah pertumbuhan jamur atau kerusakan.

Proses pembuatan briket tongkol jagung relatif sederhana dan tidak memerlukan teknologi yang rumit. Namun, perlu diperhatikan aspek kebersihan dan higienitas selama proses agar briket yang dihasilkan aman dan berkualitas baik. Selain itu, pengaturan rasio bahan dan perekat yang tepat juga penting untuk menghasilkan briket dengan karakteristik pembakaran yang optimal.

Salah satu keunggulan utama briket dari tongkol jagung adalah nilai kalornya yang tinggi, mencapai sekitar 4.000-5.000 kkal/kg. Ini berarti briket ini memiliki efisiensi pembakaran yang baik dan dapat menghasilkan panas yang cukup untuk berbagai keperluan seperti memasak, memanaskan ruangan, atau bahkan untuk aplikasi industri skala kecil. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dan kepedulian terhadap lingkungan, pencarian sumber energi terbarukan menjadi semakin penting. Salah satu solusi

yang menjanjikan adalah pemanfaatan limbah pertanian seperti tongkol jagung untuk dijadikan briket. Briket tongkol jagung memiliki sejumlah keunggulan yang membuatnya layak dipertimbangkan sebagai alternatif bahan bakar ramah lingkungan. Keunggulan dari briket berbahan tongkol jagung ini terperinci sebagai berikut :

a) Bahan Baku Melimpah dan Terbarukan

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan utama di dunia. Dengan produksi tahunan yang mencapai lebih dari 1 miliar ton, tongkol jagung tersedia dalam jumlah yang besar sebagai limbah pertanian. Pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan baku briket tidak hanya mengurangi limbah, tetapi juga memanfaatkan sumber daya terbarukan yang berkelanjutan.

b) Nilai Kalor Tinggi

Briket tongkol jagung memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, berkisar antara 4.000 hingga 5.000 kkal/kg. Nilai kalor ini cukup baik untuk digunakan sebagai bahan bakar dalam berbagai aplikasi, seperti memasak, pemanas ruangan, atau bahkan untuk keperluan industri skala kecil. Dengan nilai kalor yang tinggi, briket tongkol jagung dapat memberikan efisiensi pembakaran yang baik.

c) Emisi Rendah

Dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti batubara atau minyak bumi, briket tongkol jagung menghasilkan lebih sedikit emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya saat dibakar. Hal ini karena tongkol jagung merupakan bahan baku biomassa yang secara alami menghasilkan lebih sedikit emisi selama pembakaran. Penggunaan briket tongkol jagung dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar fosil.

d) Pembakaran Bersih

Briket tongkol jagung menghasilkan sedikit asap dan bau saat dibakar. Hal ini karena kandungan abu dan sulfur yang rendah dalam tongkol jagung. Pembakaran yang lebih bersih membuat briket ini lebih aman untuk digunakan di dalam ruangan dan mengurangi risiko masalah kesehatan terkait polusi udara dalam ruangan.

e) Daya Bakar Lama

Briket tongkol jagung memiliki masa bakar yang relatif lama, dengan waktu pembakaran yang dapat mencapai beberapa jam untuk setiap briket. Hal ini membuat briket tongkol jagung lebih efisien dan praktis untuk digunakan, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan sumber panas yang stabil dalam jangka waktu yang lama.

f) Terjangkau dan Menguntungkan

Dengan bahan baku yang melimpah dan proses produksi yang sederhana, briket tongkol jagung dapat menjadi sumber energi yang terjangkau bagi masyarakat luas. Selain itu, produksi briket juga dapat memberikan peluang ekonomi baru bagi petani jagung dan menciptakan lapangan kerja di sektor industri kecil.

Dengan keunggulan-keunggulan tersebut, briket tongkol jagung menjadi pilihan yang menarik sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, efisien, dan ekonomis. Pemanfaatan limbah pertanian menjadi briket tidak hanya mengurangi sampah, tetapi juga mendukung upaya menuju energi yang berkelanjutan dan pembangunan yang lebih hijau.

Selain itu, briket tongkol jagung juga relatif bersih saat dibakar. Kandungan abu dan sulfur yang rendah membuat briket ini menghasilkan sedikit asap dan bau, sehingga lebih

aman untuk digunakan di dalam ruangan. Briket ini juga tahan lama saat dibakar, dengan waktu pembakaran yang dapat mencapai beberapa jam untuk setiap briket.

Pemanfaatan briket dari tongkol jagung tidak hanya memberikan manfaat lingkungan, tetapi juga manfaat ekonomi. Produksi briket ini dapat menciptakan lapangan kerja baru di sektor pertanian dan industri kecil, serta memberikan sumber pendapatan tambahan bagi petani jagung. Selain itu, briket ini juga menawarkan sumber energi yang terjangkau bagi masyarakat yang tidak memiliki akses ke sumber energi modern. Pemanfaatan briket dari tongkol jagung memiliki potensi ekonomi yang cukup menjanjikan. Berikut adalah beberapa manfaat ekonomi dari pemanfaatan briket tongkol jagung:

1. Menciptakan Lapangan Kerja Baru

Industri briket tongkol jagung dapat membuka peluang lapangan kerja baru, baik di sektor pertanian maupun industri pengolahan. Petani jagung dapat memanfaatkan tongkol jagung yang biasanya terbuang sebagai bahan baku untuk memproduksi briket. Sementara itu, industri pengolahan briket juga membutuhkan tenaga kerja untuk proses produksi, pengemasan, dan distribusi.

2. Sumber Pendapatan Tambahan bagi Petani

Dengan menjual tongkol jagung sebagai bahan baku briket, petani dapat memperoleh pendapatan tambahan dari limbah pertanian yang sebelumnya tidak bernilai ekonomi. Hal ini dapat meningkatkan kesejahteraan petani dan mendorong pertumbuhan ekonomi di daerah pedesaan.

3. Pengembangan Industri Kecil dan Menengah

Produksi briket tongkol jagung dapat menjadi peluang bagi pengembangan industri kecil dan menengah (IKM). IKM dapat bergerak dalam memproduksi briket, menyediakan peralatan dan mesin pendukung, atau terlibat dalam distribusi dan pemasaran briket.

4. Substitusi Impor Bahan Bakar

Dengan memanfaatkan sumber daya lokal berupa tongkol jagung, produksi briket dapat mengurangi ketergantungan pada impor bahan bakar fosil. Hal ini dapat menghemat devisa negara dan memperkuat ketahanan energi nasional.

5. Peluang Ekspor

Briket tongkol jagung memiliki potensi untuk diekspor ke negara-negara lain yang membutuhkan sumber energi terbarukan. Ekspor briket dapat meningkatkan pendapatan negara dan mempromosikan teknologi energi bersih dari Indonesia.

6. Diversifikasi Ekonomi

Pengembangan industri briket tongkol jagung dapat mendukung diversifikasi ekonomi, terutama di daerah-daerah yang bergantung pada sektor pertanian. Hal ini dapat mengurangi risiko ketergantungan pada satu komoditas dan memperkuat ketahanan ekonomi lokal.

7. Mendukung Ekonomi Sirkular

Pemanfaatan limbah tongkol jagung sebagai bahan baku briket merupakan contoh praktik ekonomi sirkular, di mana limbah diolah menjadi produk bernilai ekonomi. Hal ini sejalan dengan prinsip efisiensi sumber daya dan keberlanjutan dalam pembangunan ekonomi.

Dengan potensi ekonomi yang menjanjikan, pemanfaatan briket tongkol jagung dapat menjadi katalis bagi pertumbuhan ekonomi lokal, penciptaan lapangan kerja, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat, terutama di daerah-daerah penghasil jagung. Namun, diperlukan dukungan kebijakan dan investasi yang memadai untuk mengembangkan industri briket tongkol jagung secara optimal. Dengan potensi yang besar dan manfaat yang

beragam, produksi briket dari limbah tongkol jagung sangat layak untuk didorong dan dikembangkan. Diperlukan dukungan dari pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya untuk mempromosikan penggunaan briket ini sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi global dan kesadaran akan pentingnya sumber energi terbarukan, pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan baku bahan bakar alternatif semakin mendapat perhatian. Salah satu limbah pertanian yang memiliki potensi besar adalah tongkol jagung, yang selama ini seringkali terbuang atau tidak dimanfaatkan secara optimal. Dengan teknologi yang tepat, tongkol jagung dapat diolah menjadi briket yang ramah lingkungan dan efisien sebagai sumber energi.

Pemanfaatan briket dari tongkol jagung tidak hanya memberikan solusi energi terbarukan, tetapi juga membuka peluang bagi pengembangan teknologi dalam berbagai aspek. Hal ini dikarenakan proses produksi briket, mulai dari persiapan bahan baku hingga pembakaran, melibatkan berbagai tahapan yang membutuhkan teknologi yang efisien dan ramah lingkungan.

Pertama, dalam proses produksi briket tongkol jagung, diperlukan teknologi mesin-mesin seperti penghancur/penggiling, pencampur, dan pencetak briket yang lebih efisien dan produktif. Inovasi dalam teknologi produksi dapat meningkatkan kapasitas dan menurunkan biaya produksi, sehingga menjadikan briket tongkol jagung lebih ekonomis dan terjangkau. Selanjutnya, untuk meningkatkan nilai kalor dan kualitas briket, teknologi pengeringan dan pirolisis (karbonisasi) yang baik juga sangat penting. Pengembangan teknologi pengeringan dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya atau biomassa dapat menjadi nilai tambah. Begitu juga dengan teknologi pirolisis yang dapat mengoptimalkan proses untuk menghasilkan arang berkualitas tinggi sebagai

bahan baku briket. Di samping itu, pemanfaatan briket tongkol jagung sebagai bahan bakar memerlukan teknologi pembakaran yang efisien dan ramah lingkungan. Pengembangan tungku pembakaran atau sistem pemanasan yang dioptimalkan untuk briket dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi. Teknologi seperti gasifikasi biomassa juga dapat dikembangkan untuk mengubah briket menjadi bahan bakar gas yang lebih bersih.

Meskipun briket tongkol jagung lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil, teknologi pengendalian emisi tetap diperlukan untuk memastikan pembakaran yang bersih dan aman. Pengembangan sistem filtrasi partikulat dan penyerapan gas dapat mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan briket. Selain itu, untuk menjaga kualitas dan keamanan briket, diperlukan teknologi pemantauan dan kontrol kualitas yang handal. Hal ini meliputi pengembangan metode analisis untuk menguji nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan karakteristik lainnya. Teknologi ini memastikan standar kualitas briket yang konsisten dan dapat diandalkan.

Dengan adanya peluang pengembangan teknologi dalam berbagai aspek terkait briket tongkol jagung, tidak hanya efisiensi dan kualitas produk yang dapat ditingkatkan, tetapi juga mendukung upaya menuju energi yang lebih bersih, terbarukan, dan berkelanjutan. Kolaborasi antara industri, akademisi, dan pemerintah dalam penelitian dan pengembangan teknologi sangat penting untuk mendorong pemanfaatan briket tongkol jagung secara optimal dan memaksimalkan manfaatnya bagi masyarakat dan lingkungan. Pemanfaatan briket dari tongkol jagung juga membuka peluang bagi pengembangan teknologi dalam berbagai aspek, antara lain:

1. Teknologi Produksi Briket

Proses pembuatan briket dari tongkol jagung membutuhkan teknologi yang tepat agar menghasilkan briket berkualitas tinggi. Hal ini mendorong pengembangan mesin-

mesin produksi seperti penghancur/penggiling, pencampur, dan pencetak briket yang lebih efisien dan produktif. Inovasi dalam teknologi produksi dapat meningkatkan kapasitas dan menurunkan biaya produksi.

2. Teknologi Pengeringan dan Pirolisis

Untuk meningkatkan nilai kalor dan kualitas briket, diperlukan teknologi pengeringan dan pirolisis (karbonisasi) yang baik. Pengembangan teknologi pengeringan dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya atau biomassa dapat menjadi nilai tambah. Begitu juga dengan teknologi pirolisis yang dapat mengoptimalkan proses untuk menghasilkan arang berkualitas tinggi sebagai bahan baku briket.

3. Teknologi Pembakaran dan Pemanasan

Pemanfaatan briket tongkol jagung sebagai bahan bakar memerlukan teknologi pembakaran yang efisien dan ramah lingkungan. Pengembangan tungku pembakaran atau sistem pemanasan yang dioptimalkan untuk briket dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi. Teknologi seperti gasifikasi biomassa juga dapat dikembangkan untuk mengubah briket menjadi bahan bakar gas yang lebih bersih.

4. Teknologi Pengendalian Emisi

Meskipun briket tongkol jagung lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil, tetap diperlukan teknologi pengendalian emisi untuk memastikan pembakaran yang bersih dan aman. Pengembangan sistem filtrasi partikulat dan penyerapan gas dapat mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan briket.

5. Teknologi Pemantauan dan Kontrol Kualitas

Untuk menjaga kualitas dan keamanan briket, diperlukan teknologi pemantauan dan kontrol kualitas yang handal. Hal ini meliputi pengembangan metode analisis untuk

menguji nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan karakteristik lainnya. Teknologi ini memastikan standar kualitas briket yang konsisten dan dapat diandalkan.

6. Teknologi Pengolahan Limbah

Pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan baku briket juga dapat mendorong pengembangan teknologi pengolahan limbah pertanian lainnya. Misalnya, teknologi untuk mengonversi jerami, sekam padi, atau limbah lainnya menjadi briket atau produk energi terbarukan lainnya.

Pengembangan teknologi dalam berbagai aspek terkait briket tongkol jagung tidak hanya meningkatkan efisiensi dan kualitas produk, tetapi juga mendukung upaya menuju energi yang lebih bersih, terbarukan, dan berkelanjutan. Kolaborasi antara industri, akademisi, dan pemerintah dalam penelitian dan pengembangan teknologi sangat penting untuk mendorong pemanfaatan briket tongkol jagung secara optimal.

Dalam pengembangan teknologi briket berbahan tongkol jagung, terdapat beberapa tantangan yang perlu dihadapi. Salah satunya adalah mengatasi kekerasan dan kepadatan tongkol jagung yang bisa mempengaruhi proses pembuatan briket. Selain itu, penelitian yang mendalam diperlukan untuk menemukan formula yang tepat agar briket yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan efisiensi pembakaran yang tinggi. Menjaga konsistensi pasokan tongkol jagung juga menjadi faktor penting dalam produksi briket secara berkelanjutan. Dengan menghadapi tantangan ini secara efektif, pengembangan teknologi briket berbahan tongkol jagung dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan dan berpotensi dalam mengurangi limbah serta memanfaatkan sumber energi alternatif.

5. Briket Sampah Kota

Permasalahan sampah di perkotaan telah menjadi isu global yang semakin mengkhawatirkan. Tidak hanya menimbulkan pencemaran lingkungan, sampah juga memberikan dampak negatif bagi kesehatan masyarakat. Namun, di tengah permasalahan ini, muncul solusi kreatif dengan memanfaatkan sampah organik kota sebagai bahan baku untuk briket ramah lingkungan. Briket dari sampah kota merupakan bentuk bahan bakar padat yang terbuat dari limbah organik seperti sisa makanan, daun kering, kertas bekas, dan sampah kebun. Melalui proses pengomposan, pengeringan, dan pemadatan, sampah organik ini diolah menjadi briket yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Proses pembuatan briket sampah kota dimulai dengan memisahkan sampah organik dari sampah non-organik. Sampah organik kemudian dikomposkan untuk mengurangi kadar airnya dan menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Setelah itu, kompos dikeringkan dan dihancurkan menjadi serbuk halus.

Keberadaan sampah di perkotaan seringkali menjadi masalah yang sulit diatasi. Namun, di balik permasalahan tersebut, terdapat potensi untuk mengubah sampah menjadi sesuatu yang bermanfaat, salah satunya adalah briket sebagai sumber energi alternatif. Proses pembuatan briket dari sampah kota melibatkan beberapa tahapan penting yang perlu diperhatikan untuk menghasilkan briket berkualitas tinggi.

1. Pemilahan Sampah

Tahap pertama dalam proses ini adalah memilah sampah organik dari sampah non-organik. Sampah organik seperti sisa makanan, daun kering, kertas bekas, dan sampah kebun akan digunakan sebagai bahan baku utama briket. Pemilahan ini sangat penting untuk memastikan kualitas briket dan menghindari kontaminasi dari bahan non-organik.

2. Pengomposan

Sampah organik yang telah dipilah selanjutnya dikomposkan dalam lingkungan yang terkontrol. Proses pengomposan dilakukan oleh mikroorganisme yang menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hasil dari pengomposan adalah kompos yang memiliki kadar air dan bahan organik yang lebih rendah.

3. Pengeringan

Kompos yang dihasilkan dari proses sebelumnya masih memiliki kadar air yang cukup tinggi. Untuk menghasilkan briket dengan kualitas baik, kompos harus dikeringkan terlebih dahulu hingga kadar airnya di bawah 10%. Pengeringan dapat dilakukan dengan memanfaatkan sinar matahari atau menggunakan pengering mekanis.

4. Penghancuran

Setelah kering, kompos dihancurkan atau digiling menjadi serbuk halus. Ukuran partikel yang kecil akan memudahkan proses pemadatan dan meningkatkan kualitas briket yang dihasilkan.

5. Pencampuran dengan Perekat

Serbuk kompos dicampur dengan perekat alami seperti tepung kanji, tetes tebu, atau perekat nabati lainnya. Perekat berfungsi untuk mengikat partikel serbuk sehingga briket menjadi lebih padat dan kuat. Perbandingan serbuk dan perekat biasanya sekitar 8:1 hingga 10:1.

6. Pencetakan/Pemadatan

Campuran serbuk kompos dan perekat dimasukkan ke dalam cetakan mesin pencetak briket. Mesin akan memberikan tekanan tinggi, biasanya 50-150 kg/cm², untuk memadatkan campuran menjadi bentuk briket yang padat dan kuat.

7. Pengeringan Akhir (Opsional)

Setelah dicetak, briket dapat dikeringkan kembali untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan nilai kalornya. Pengeringan dapat dilakukan dengan sinar matahari atau menggunakan pengering mekanis.

8. Pengemasan dan Penyimpanan

Briket yang sudah kering dikemas dalam karung atau kemasan yang sesuai untuk menjaga kualitasnya. Briket disimpan di tempat yang kering dan terhindar dari kelembapan untuk mencegah pertumbuhan jamur atau kerusakan.

Proses pembuatan briket dari sampah kota memang membutuhkan beberapa tahapan yang harus dilakukan dengan cermat. Namun, dengan melakukan setiap tahapan dengan benar, briket yang dihasilkan akan memiliki kualitas yang baik, efisien saat dibakar, dan ramah lingkungan. Selain itu, proses ini juga memberikan solusi untuk mengurangi timbunan sampah di perkotaan dan menciptakan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan.

Salah satu keunggulan utama briket dari sampah kota adalah ketersediaannya yang melimpah dan berkelanjutan. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas perkotaan, jumlah sampah organik akan terus meningkat. Dengan mengolah sampah ini menjadi briket, kita tidak hanya mengurangi masalah sampah, tetapi juga menciptakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Berikut adalah artikel tentang potensi keunggulan briket yang terbuat dari sampah kota. Permasalahan sampah di perkotaan telah menjadi isu yang semakin mengkhawatirkan. Namun, di balik permasalahan tersebut, terselip potensi besar dengan memanfaatkan sampah organik kota sebagai bahan baku untuk menghasilkan briket sebagai sumber energi alternatif. Briket dari sampah kota memiliki sejumlah

keunggulan yang membuatnya layak dipertimbangkan sebagai solusi ramah lingkungan.

a. Sumber Bahan Baku Melimpah dan Berkelanjutan

Ketersediaan sampah organik di perkotaan sangatlah melimpah dan terus bertambah seiring dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas masyarakat. Dengan memanfaatkan sampah ini sebagai bahan baku briket, kita tidak hanya mengurangi masalah sampah, tetapi juga memanfaatkan sumber daya terbarukan yang berkelanjutan.

b. Ramah Lingkungan

Salah satu keunggulan utama briket dari sampah kota adalah aspek ramah lingkungannya. Briket ini menghasilkan lebih sedikit emisi gas rumah kaca dan polutan dibandingkan dengan bahan bakar fosil konvensional seperti batubara atau minyak bumi. Selain itu, pembakaran briket menghasilkan sedikit asap dan bau, sehingga lebih aman untuk digunakan di dalam ruangan.

c. Nilai Kalor yang Memadai

Meskipun tidak setinggi briket dari bahan bakar fosil, briket dari sampah kota memiliki nilai kalor yang cukup baik, berkisar antara 3.500 hingga 4.500 kkal/kg. Nilai kalor ini cukup memadai untuk digunakan sebagai bahan bakar dalam berbagai aplikasi, seperti memasak, memanaskan ruangan, atau bahkan untuk keperluan industri skala kecil.

d. Biaya Produksi Rendah

Dengan memanfaatkan sampah organik sebagai bahan baku yang murah atau bahkan gratis, biaya produksi briket dari sampah kota cenderung lebih rendah dibandingkan dengan briket dari bahan bakar fosil. Hal ini membuat briket ini menjadi alternatif

sumber energi yang lebih terjangkau bagi masyarakat luas.

e. Menciptakan Lapangan Kerja

Produksi briket dari sampah kota dapat menciptakan lapangan kerja baru di sektor pengelolaan sampah dan industri kecil terkait. Hal ini dapat memberikan sumber pendapatan tambahan bagi masyarakat, terutama di daerah perkotaan.

f. Mengurangi Kebutuhan Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Dengan mengolah sampah organik menjadi briket, jumlah sampah yang harus dibuang ke TPA dapat berkurang secara signifikan. Hal ini dapat membantu mengurangi beban TPA dan memperpanjang masa pakai TPA yang sudah ada.

g. Mendukung Ekonomi Sirkular

Pemanfaatan briket dari sampah kota merupakan praktik ekonomi sirkular, di mana limbah diolah menjadi produk bernilai ekonomi. Hal ini sejalan dengan prinsip efisiensi sumber daya dan keberlanjutan dalam pembangunan ekonomi. Dengan potensi keunggulan yang signifikan, produksi briket dari sampah kota layak untuk didorong dan dikembangkan lebih lanjut. Upaya ini tidak hanya memberikan solusi terhadap permasalahan sampah di perkotaan, tetapi juga menyediakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan bagi masyarakat luas.

Selain itu, briket dari sampah kota juga memiliki nilai kalor yang cukup baik, berkisar antara 3.500 hingga 4.500 kkal/kg. Nilai kalor ini cukup memadai untuk digunakan sebagai bahan bakar dalam berbagai aplikasi, seperti memasak, memanaskan ruangan, atau bahkan untuk

keperluan industri skala kecil. Dari sisi lingkungan, briket sampah kota jauh lebih ramah dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti batubara atau minyak bumi. Briket ini menghasilkan lebih sedikit emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya saat dibakar. Selain itu, pembakaran briket juga menghasilkan sedikit asap dan bau, sehingga lebih aman untuk digunakan di dalam ruangan. Pemanfaatan briket dari sampah kota tidak hanya memberikan manfaat lingkungan, tetapi juga manfaat ekonomi dan sosial. Produksi briket ini dapat menciptakan lapangan kerja baru di sektor pengelolaan sampah dan industri kecil, serta memberikan sumber pendapatan tambahan bagi masyarakat.

Dengan potensi yang besar dan manfaat yang beragam, produksi briket dari limbah sampah kota sangat layak untuk didorong dan dikembangkan. Diperlukan dukungan dari pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya untuk mempromosikan penggunaan briket ini sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sekaligus mengatasi permasalahan sampah di perkotaan.

Pemanfaatan briket dari sampah kota membuka peluang bagi pengembangan teknologi dalam berbagai aspek, seperti:

- a. Teknologi Pengolahan Sampah: Pemanfaatan briket dari sampah kota memerlukan teknologi yang efektif dalam mengolah dan mengubah sampah menjadi bahan bakar yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti minyak. Teknologi ini dapat membantu meningkatkan efisiensi pengolahan sampah dan mengurangi biaya pengolahan
- b. Teknologi Pembuatan Briket: Pembuatan briket dari sampah kota memerlukan teknologi yang dapat mengubah sampah menjadi briket yang berkualitas dan dapat digunakan sebagai bahan bakar. Teknologi ini dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi biaya produksi

- c. Teknologi Penggunaan Briket: Penggunaan briket dari sampah kota memerlukan teknologi yang dapat mengoptimalkan penggunaan briket sebagai bahan bakar. Teknologi ini dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan briket dan mengurangi biaya penggunaan
- d. Teknologi Pemanfaatan Energi: Pemanfaatan briket dari sampah kota memerlukan teknologi yang dapat mengoptimalkan pemanfaatan energi dari briket. Teknologi ini dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi biaya penggunaan
- e. Teknologi Pengelolaan Lingkungan: Pemanfaatan briket dari sampah kota memerlukan teknologi yang dapat mengoptimalkan pengelolaan lingkungan. Teknologi ini dapat membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan dan mengurangi biaya pengelolaan

Dengan demikian, pemanfaatan briket dari sampah kota membuka peluang bagi pengembangan teknologi dalam berbagai aspek yang dapat membantu meningkatkan efisiensi pengolahan sampah, mengurangi biaya produksi dan penggunaan, serta meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan.

Dalam pengembangan teknologi briket berbahan sampah kota, terdapat beberapa tantangan yang perlu dihadapi. Salah satunya adalah memastikan kualitas briket yang dihasilkan konsisten dan ramah lingkungan. Selain itu, penelitian mendalam perlu dilakukan untuk memastikan bahwa briket yang dihasilkan aman digunakan dan efisien sebagai sumber energi alternatif. Menjaga ketersediaan bahan baku sampah kota juga menjadi faktor kunci dalam menjaga keberlanjutan produksi briket. Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini, pengembangan teknologi briket berbahan sampah kota dapat memberikan kontribusi positif dalam mengurangi limbah dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

BAB III

BRIKET LIMBAH KAYU

Pada BAB ini diuraikan beberapa analisis eksperimental briket dari berbagai macam serbuk gergaji kayu sebagai pilihan yang layak untuk bahan bakar biomassa padat. Proses pembuatan briket serta Karakteristik fisik-mekanis dan termal dibahas secara detail dalam bab ini.

1. Briket Berbahan Limbah Kayu Meranti

Produksi limbah kayu di Indonesia sangatlah melimpah. Kayu banyak dimanfaatkan dalam bidang industri besar maupun industri kecil. Sebagian besar proses industri kayu menghasilkan berbagai limbah salah satunya yakni limbah kayu kecil maupun partikel serbuk kayu. Limbah pada industri belum dimanfaatkan optimal, sehingga perlu upaya untuk memanfaatkan limbah tersebut. Limbah serbuk maupun limbah kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan biomassa padat atau biasa disebut dengan briket. Teknologi pemadatan limbah kayu kecil sebelum dibakar, yaitu produksi briket kayu, telah dikenal dan diterapkan selama bertahun-tahun. Untuk beberapa waktu produksi briket mini, sering disebut pelet, semakin populer. Pelet berbeda dari briket tradisional dalam dimensi yang jauh lebih kecil (yaitu diameter sekitar 6-14 mm), yang memungkinkan otomatisasi penuh proses pembakaran (Świgoń and Longauer 2005).

Kayu meranti bisa digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah. Kayu meranti yang digunakan dalam pembuatan briket yakni kayu limbah serbuknya. Limbah serbuk memiliki potensi besar dalam pembuatan briket. Proses pembuatan briket dari serbuk kayu meranti ini dilakukan dengan melalui proses karbonisasi. Biasanya

dalam proses pembuatannya briket bahan dasar dari kayu meranti ini dipadukan dengan bahan-bahan lain. Tujuan dari penambahan bahan lain yaitu untuk memperbaiki sifat dan karakteristik dari bahan tersebut. Menurut Juliani Anggono (2009) unsur kimiawi kayu meranti terdiri atas: selulosa 50%, lignin 16-33 %, hemiselulosa dan sejumlah zat lain 5-10% (Anggono et al. 2009).

Salah satunya penelitian Yuniarti dkk. Membuat briket arang dari serbuk gergaji dipadukan dengan kayu galam. Perekat yang digunakan pada briket tersebut yaitu menggunakan tepung tapioka. Proses pembuatan briketnya dengan menggunakan metode pengarangan dan penghalusan material. Setelah proses pengarangan dilakukan proses penyaringan arang yang telah dihaluskan. Kemudian dicampurkan dengan perekat tepung tapioka dan dicetak dengan cetakan. Briket arang yang dihasilkan memiliki sifat fisik diantaranya Nilai kadar airnya sebesar 3,78% - 4,54%, Nilai densitas briket sebesar $0,49 \text{ gr/cm}^3$ - $0,77 \text{ gr/cm}^3$. Ditinjau dari sifat kimianya diperoleh nilai kadar abu sebesar 2,64% - 3,24%, kadar abu sebesar 25,40% - 29,40% dan nilai kalor sebesar 5502,40-6249,51cal/gr. Peningkatan penambahan arang kayu galam menyebabkan kadar abu dan kadar zat terbang semakin rendah, karbon sisa dan nilai kalor semakin tinggi (Yuniarti et al. 2011).



Gambar 3. 1. Limbah gergaji kayu meranti
(Yuniarti et al. 2011)

Penelitian lain yaitu pembuatan briket berbahan dasar kayu meranti dengan penambahan limbah ampas tebu. Tujuan pembuatan briket berbahan baku limbah ini bertujuan mengurangi berbagai limbah gergaji kayu meranti dan limbah ampas tebu. Pada briket yang dibuat yaitu dengan menggunakan 2 perekat yakni kanji dan damar. Hasil penelitiannya diperoleh persentase kadar air 3,25-1,36 %, kadar asap 34,55-26,53 %, kadar abu 6,36-5,37 %, dan nilai kalor 3934,84-5274,36kJ/kg. Briket yang dibuat ini masih masuk pada bebarapa standar (Elfiano, Subekti, and Sadil 2014).

Memperbaiki sifat dan karakteristik dari briket telah dilakukan oleh Sari dkk. Penelitian terkait briket yakni pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu meranti ditambahkan dengan serbuk arang tempurung kelapa. Perekat yang digunakan dalam penelitiannya yaitu dengan menggunakan tepung tapioka. Bahan utama yang digunakan daam

penelitian sari yaitu potongan kayu meranti merah hasil limbah serbuk kayunya. Perekat yang digunakan yaitu tepung tapioka. Beberapa peralatan yang digubakan dalam pembuatan briket diantaranya yakni cetakan briket, tunggu untuk pengarangan, penghansur briket, mesin press, ayakan dengan mesh 40 dan 60, oven, furnace, bomb calorimeter, dan timbangan digital.



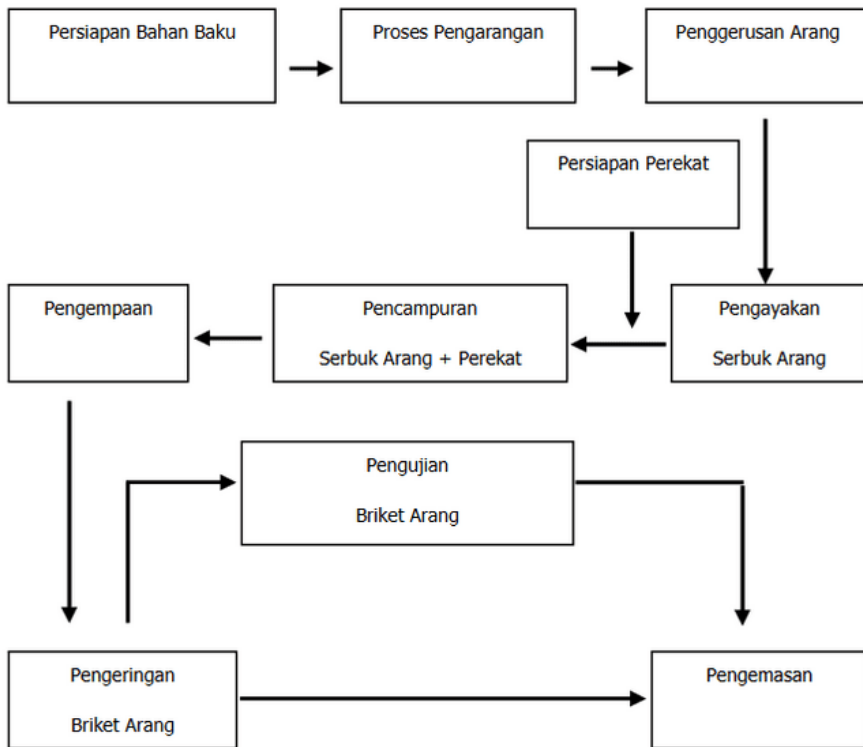
Gambar 3. 2. Tungku yang digunakan dalam proses pengarangan.

Pada prosesnya ada beberapa variasi yang digunakan. Variasi yang digunakan yaitu dengan menyatakan perbandingan antara kayu dan tempurung kelapa yang digunkana. Beberapa variasi itu bisa diihat pada Tabel 3.1. Visuaisasi briket hasil yang telar dibuat bias dilihat pada gambar 11 Dimensi ukurannya yaitu mempunyai diameter $\pm 3,8$ cm dan Tinggi ± 4 cm.

Proses pembuat briketnya yakni melalui beberapa tahapan pengarangan. Prosedur yang dilakukan bisaas di cermati pada gambar 10. Hasil pengujian kualitas briket arang menunjukkan nilai densitas rata-ratanya sebesar 0,81-0,92 gr/cm³, nilai kadar airnya sebesar 7,48-7,86%, nilai kuat tekannya sebesar 10,04-43,24 kg/cm², Nilai kadar zat mudah menguap 17,49-21,92%, kadar abu sebesar 2,07-4,69%, kadar karbon terikat sebesar 73,39-80,44%, dan nilai kalornya sebesar 6.428-7.008 kal/g. Hasil pengujian terhadap briket arang yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas briket pada tabel 2 (Sari and Wagiman 2017).

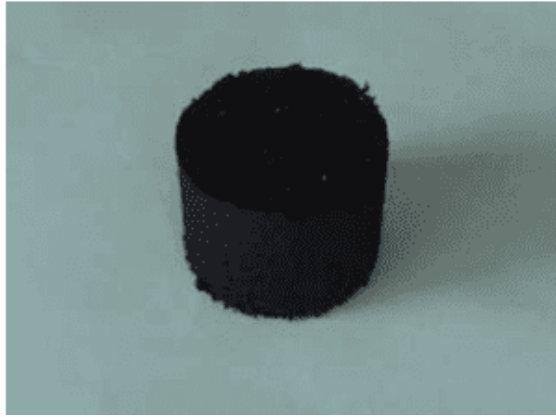
Tabel 3. 1. Variasi komposisi yang digunakan (Sari and Wagiman 2017).

Perlakuan	Komposisi	
	Meranti Merah	Tempurung Kelapa
A	100%	0%
B	75%	25%
C	50%	50%
D	25%	75%
E	0%	100%



Gambar 3. 3. Prosedur pembuatan briket

Penelitian pemanfaatan limbah kayu meranti ini memang banyak orang teliti. Memadukan bahan dasar kayu meranti dengan bahan lainnya menjadi dasar untuk memperbaiki sifat dan karakteristik dari briket itu sendiri. Jacob dkk. meneliti limbah serbuk kayu meranti dengan mencampurkan batu bara. Metode yang digunakan dalam pembriketan ini adalah karbonisasi.



Gambar 3. 4. Produk Briket

Pelet kayu dalam jumlah besar diangkut melalui darat dan laut, dan perdagangan pelet kayu antarbenua kemungkinan akan meningkat dengan faktor 10 dalam dekade berikutnya. Oleh karena itu penting untuk melihat keseluruhan risiko yang terlibat dalam penanganan pelet kayu. Gaya mekanis selama pengangkutan pelet menyebabkan patah dan pecahnya pelet, menghasilkan butiran halus dan debu. Meskipun ada standar kualitas tinggi (yaitu EN 14961-1) yang memastikan bahwa produsen pelet menghasilkan pelet dengan kekuatan dan ketahanan abrasi yang tinggi, masalah ini tidak dapat dihilangkan sepenuhnya. Terutama pelet yang digunakan dalam aplikasi skala besar seperti panas dan pembangkit listrik biasanya tidak mengikuti standar tersebut. Dalam kasus tersebut standar kualitas sering disepakati langsung antara produsen pelet dan konsumen skala besar. Daya tahan mekanis pelet kayu biasanya ditentukan dalam gelas, yang mensimulasikan gaya tumbukan yang dialami pelet selama transportasi. Ada metode standar untuk mengukur daya tahan pelet, dan ini dapat dikonsultasikan untuk bacaan lebih lanjut (EN 15210-1).

Upaya pencegahan terbentuknya partikel halus dan debu, penanganan harus selembut mungkin. Semakin banyak langkah penanganan semakin banyak degradasi pelet. Faktor penting untuk penanganan adalah ketinggian jatuh, elastisitas permukaan tumbukan dan berapa kali pelet dijatuhkan. Degradasi pelet adalah fungsi dari jumlah tumbukan dan kekuatan tumbukan (yaitu ketinggian jatuh) dan harus dibatasi seminimal mungkin untuk mencegah pembentukan debu dan partikel halus. Ada banyak cara berbeda untuk mengangkut pelet. Cara paling umum untuk memindahkan pelet dari/ke kapal penyimpanan dan pengangkutan adalah pengangkutan dan pemompaan vakum. Khususnya penanganan pelet dalam jumlah besar dalam skala besar memperlihatkan beban mekanis yang tinggi pada pelet. Hal ini dapat terjadi saat memuat pelet ke kapal laut atau ke silo pelet besar di lokasi produsen/konsumen. Ketinggian drop biasanya tinggi (hingga 25 m dan lebih). Juga harus diperhatikan bahwa pelet jatuh satu sama lain dan beban berat yang tinggi terkena pelet yang terletak di dasar bejana/silo.

Abrasi pelet dan pembentukan debu terjadi di sepanjang rantai pasokan pelet kayu dari pabrik pelet ke pelanggan. Pembentukan partikel halus dan debu selama penanganan dapat terjadi selama semua langkah dalam rantai pasokan. Yang paling menonjol tercantum di bawah ini:

- Membawa pelet dari pabrik pelet ke penyimpanan
- Pengepakan pelet yaitu tas besar
- Menyampaikan ke kendaraan pengangkut
- Mengisi kendaraan pengangkut
- Discharge transportasi kendaraan
- Menyampaikan ke kendaraan pengangkut lain atau ke tempat penyimpanan
- Mengisi ke penyimpanan

Pelet biasanya disampaikan atau diangkut dengan pompa pneumatik. Yang terakhir mungkin menyebabkan kerusakan parah pada pelet ketika tekanan (kecepatan pelet) terlalu tinggi dan jika ada belokan tajam pada pipa pengangkut atau lokasi benturan potensial untuk pelet. Pengangkutan pelet dapat dilakukan baik dengan truk, kereta api maupun kapal laut tergantung dari jarak angkutnya. Truk biasanya digunakan untuk menjembatani jarak pendek sedangkan kereta api digunakan untuk jarak yang lebih jauh. Kapal digunakan untuk mengangkut pelet dalam jumlah besar baik langsung ke pelanggan akhir atau ke pelabuhan dimana pelet dibongkar dan didistribusikan ke kapal pengangkut yang lebih kecil. Banyak pengguna skala besar yang berlokasi dekat dengan air sehingga mereka dapat menerima pelet dengan kapal (Stelte 2012). Oleh karena itu diperlukan beberapa karakteristik briket yang tahan terhadap tekanan. Sehingga briket perlu diuji kuat tekannya.

2. Briket Berbahan Limbah Kayu Sengon

A. Briket berbahan limbah Kayu Sengon dicampur Kayu Ulin

Pohon Sengon banyak terdapat di daerah Jawa, Maluku, Sulawesi Selatan dan Irian Jaya. Kayu sengon (*Albizia chinensis*) merupakan salah satu tanaman yang banyak dimanfaatkan manusia. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah dijadikan dalam bentuk papan dan balok kayu dalam pembuatan rumah dan meuble dan lainnya (Martawijaya et al. 1989). Adapun gambar pohon sengon terlihat pada Gambar 3.5



Gambar 3. 5. Kayu Sengon (Anon 2023b)

Serbuk kayu sengon memiliki yaitu kerapatan sebesar $0,33 \text{ g/cm}^3$ sehingga mudah mengalami proses pengarangan. Dengan warna kayu putih agak coklat, agak kasar dan berserat lurus. Adapun kandungan kimia serbuk kayu Sengon adalah terlihat pada Tabel 3.2 (Martawijaya et al. 1989). Berdasarkan tabel kandungan terlihat bahwa serbuk kayu Sengon sangat baik digunakan sebagai bahan bakar. Hal ini terlihat dari kandungan selulosa yang sangat tinggi yang baik yang merupakan unsur paling berfperan dalam penentuan kualitas Briket.

Tabel 3. 2. Kandungan kimiawi Kayu Sengon.

Komponen Kimia	Kadar (%)
Selulosa	49,40
Hemiselulosa	24,10
Lignin	26,50

Sedangkan Pohon Ulin (*Eusideroxylon zwageri* T et B) banyak tumbuh di daerah Sumatera dan Kalimantan,

Malaysia dan beberapa pulau di Philipina. Adapun gambar pohon Ulin terlihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3. 6. Pohon Ulin(dody 2021)

Pohon Ulin dimanfaatkan terutama bagian kayunya untuk digunakan sebagai bahan perumahan maupun konstruksi serta mebel. Kayu Ulin sangat kuat dengan massa jenis atau kerapatan sebesar 1.04. Kayu dengan massa jenis yang lebih dari 1 mengandung kekuatan yang baik untuk dijadikan briket arang maupun briket non arang. Adapun komposisi kimia kayu Ulin adalah yag tersaji pada tabel 3.3.

Kandungan abu yang kecil pada kayu Ulin sangat cocok dijadikan sebagai alternatif bahan bakar berupa briket. Dimana pemanfaatan kayu Ulin sebagai bahan dasar industry papan sangat banyak menghasilkan sisa olahan. Sisa olahan kayu Ulin inilah berupa serbuk kayu Ulin yang dijadikan briket arang maupun briket non arang

Tabel 3. 3. Komposisi kandungan kayu Ulin

Jenis Analisa	Kadar (%)
Selulosa	58,1
Lignin	28,9
Pentosan	12,7
Abu	1,0
Silika	0,5

Pemanfaatan limbah kayu Sengon menjadi briket juga dapat divariasikan dengan pencampuran limbah kayu Ulin. Bagian dari kedua jenis limbah ini yang dimanfaatkan dalam pembuatan briket adalah limbah gergajinya. Dimana kedua jenis limbah tersebut berbentuk serbuk gergaji. Perekat yang digunakan adalah perekat tepung Tapioka (Rindayatno and Lewar 2017).



Gambar 3. 7. Alat cetak briket campuran arang kayu Sengon dan arang kayu Ulin(Rindayatno and Lewar 2017)

Perekat tapioka dibuat dengan pencampuran dengan air yang kemudian dimasak sampai berbentuk kental cenderung encer. Sebelum dibuat menjadi briket kedua bahan tersebut yaitu serbuk kayu Sengon dan serbuk kayu Ulin dikeringkan terlebih dahulu sampai kadar airnya kurang lebih 20 persen saja. Ukuran briket yang dibuat berdimensi diameter 3,8 cm dan panjang 4 cm yang dicetak dengan menggunakan alat yang tersaji pada gambar 3.6.

Adapun bahan pembuatan briket ini adalah:

- limbah kayu Sengon
- limbah kayu Ulin
- tepung Tapioka
- air

Sedangkan alat-alat yang digunakan baik pada proses pembuatan maupun pada proses pengujian kualitas antara lain:

- tungku pengarangan, berfungsi sebagai alat pada proses pembuatan arang
- penghancur arang, berfungsi untuk membuat arang yang berukuran besar menjadi lebih halus sehingga mudah untuk disaring berupa 1 set alat lumping dan alu.
- ayakan 40 mesh dan 60 mesh,
- cetakan briket, seperti yang Nampak pada Gambar 3.3
- mesin press, briket yang telah dicetak selanjutnya akan dipres sehingga lebih padat (Gambar 3.8)
- UTM (Universal Testing Machine), mengetahui kuat tekan yang diberikan pada briket maupun pengujian seberapa besar ketahanan briket
- thermolyne furnace, sebagai alat pemanas yang terisolasi
- oven pengering, untuk melakukan pengujian kadar air
- dessicator balance, menghilangkan air
- Peroxide Bomb Calorimeter, sebagai alat pengujian nilai kalor
- neraca digital, mengukur massa briket

Briket yang dibuat adalah briket arang melalui proses karbonisasi/ pengarangan dengan alat seperti pada gambar 3.7 berikut ini. Tungku pengarangan dibuat tertutup agar arang yang dihasilkan memiliki kadar karbon yang tinggi, selain itu untuk meminimalisir timbulnya asap yang lebih banyak pada proses pembakaran sehingga tidak mencemari lingkungan. Sedangkan gambar mesin pencetak terlihat pada gambar 3.6. Alat pencetak briket yang digunakan adalah alat

dengan menggunakan tenaga mesin agar diperoleh struktur briket yang sesuai standar.

Tabel 3. 4. Tabel komposisi campuran briket arang kayu Sengon dan arang kau Ulin

Perlakuan	Komposisi Serbuk Arang	
	Ulin	Sengon
A	100%	0%
B	75%	25%
C	50%	50%
D	25%	75%
E	0%	100%

Komposisi campuran briket arang kayu Sengon dan arang kayu Ulin disajikan pada tabel 3.4 dan tabel 3.5

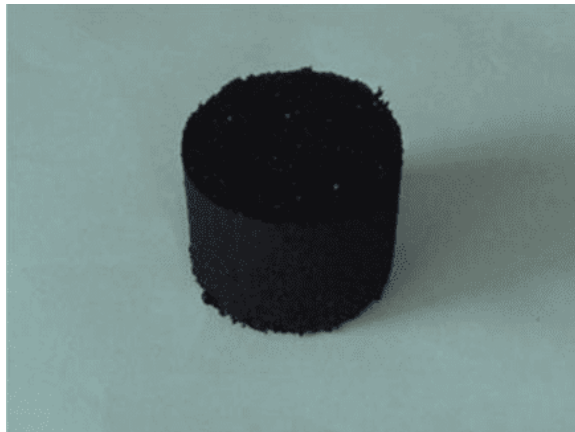
Diharapkan campuran briket ini memenuhi kualitas standar yang telah disepakati. Setelah dilakukan analisis, maka diperolehlah perbandingan massa briket yang akan dibuat. Seperti yang terlihat pada tabel 3.5. Tabel komposisi campuran briket berbahan kayu Sengon dan kayu Ulin.

Tabel 3. 5. Komposisi campuran briket lengkap dengan perekat

Perlakuan	Serbuk Arang (g)		Tepung Tapioka (g)	Air (ml)
	Ulin	Sengon		
A	34,55	0	1,73	25,95
B	25,91	8,64	1,73	25,95
C	17,27	17,27	1,73	25,95
D	8,64	25,91	1,73	25,95
E	0	34,55	1,73	25,95



Gambar 3. 8. Mesin pres briket(Rindayatno and Lewar 2017)



Gambar 3. 9. Briket arang campuran kayu Sengon, kayu Ulin dan perekat Tapioka(Rindayatno and Lewar 2017)

Sampel briket yang dibuat terdiri dari lima komposisi dengan pelabelan A, B, C, D, dan E. Briket yang telah dibuat berbentuk seperti Gambar 3.6. Massa briket yang dihasilkan

untuk 1 sampel briket adalah 34,55 gram. Sampel briket campuran arang kayu Sengon dan kayu Ulin berwarna hitam pekat. Hal ini menandakan bahwa proses pengarangannya baik. Jika arang masih berwarna coklat maka dapat dikatakan sampel arang belum terkarbonisasi secara sempurna. Walau demikian diharapkan briket yang dihasilkan ini memenuhi standar yang telah disepakati yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI). Semakin hiam briket yang dihasilkan kemungkinan besar kadar karbon yang didapatkan juga besar.

Pengujian kualitas briket campuran kayu Sengon dan kayu Ulin terdiri atas uji:

- kerapatan
- kadar air
- kuat tekan
- kadar zat terbang
- kadar abu
- karbon terikat
- nilai kalor

Diharapkan masing- masing nilai pengujian tersebut tersaji pada tabel 3.7 di bawah ini memenuhi kualitas baik. Sebagai pembanding disajikan juga tabel standar yang disajikan pada tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 6. Tabel nilai standar briket arang dari berbagai negara

Sifat Kualitas Briket Arang	Standar				
	P3HH*	SNI 01-6235-2000	Jepang	Inggris	Amerika
Kerapatan (g/cm ³)	>0,7	-	1-2	0,84	1
Kadar Air (%)	<8	<8	6-8	3-4	6
Keteguhan Tekan (kg/cm ²)	>12	-	60	12,7	62
Zat Mudah Menguap (%)	<30	<15	15-30	16	19
Kadar Abu (%)	<8	<8	3-6	8-10	18
Karbon Terikat (%)	>60	-	60-80	75	58
Nilai Kalor (kal/g)	>6.000	>5.000	6.000-7.000	7.300	6.500

Sumber : Puslitbang Hasil Hutan-Bogor (Sudrajat, 1982)

Sifat arang briket	Jepang	Inggris	Amerika	SNI
Kadar air (moisture content) %	06-08	3,6	6,2	8
Kadar zat menguap (volatile matter content) %	15-30	16,4	19-28	15
Kadar abu (ash content) %	003-006	5,9	8,3	8
Kadar karbon terikat (fixed carbon content) %	60-80	75,3	60	77
Kerapatan (density) g/cm ³	1,0-1,2	0,46	1	-
Keteguhan tekan g/cm ²	60-65	12,7	62	-
Calorific Value (calorific value) cal/g	6000-7000	7289	6230	5000

Standar kualitas briket di beberapa negara berbeda-beda, hal ini terlihat pada kadar air sesuai standar SNI nilai kadar air di bawah 8 persen, lebih besar di bandingkan negara Amerika, Jepang dan Inggris. Demikian pula untuk beberapa parameter lain standar nasional Indonesia lebih rendah dari negara- negara Amerika, Jepang dan Inggris.

Tabel 3. 7. Nilai pengujian briket arang kayu Sengon dan kayu Ulin dengan perekat Tapioka

Sifat Kualitas Briket Arang	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
Kerapatan (g/cm ³)	0,64	0,63	0,59	0,57	0,53
Kadar Air (%)	7,79	7,85	7,94	7,83	7,76
Keteguhan Tekan (kg/cm ²)	35,21	32,83	30,93	29,14	22,67
Zat Mudah Menguap (%)	26,70	27,20	29,30	29,90	31,10
Kadar Abu (%)	2,60	4,80	5,30	5,70	6,00
Karbon Terikat (%)	70,70	68,00	65,40	64,40	62,90
Nilai Kalor (kal/g)	6.582,00	6.541,00	6.511,67	6.488,67	6.456,33

Sebagai pembanding dilakukan pula pengujian dengan ANOVA yang hasil ujinya terlihat pada Tabel 3.8. Pengujian dengan ANOVA merupakan satu jenis pengujian yang membandingkan nilai rata-rata dari beberapa kelompok sampel. Metode pengujian ini dilakukan agar hasil yang

diperoleh tingkat kepercayaannya lebih tinggi atau kesalahan penelitian lebih kecil.

Tabel 3. 8. Uji dengan ANOVA briket arang kayu Sengon dan kayu Ulin dengan perekat Tapioka

Sifat Kualitas Briket Arang	Galat	Perlakuan	
	Kuadrat Rataan	Kuadrat Rataan	F-Hitung
Kerapatan	0,0001	0,01067	111,1042**
Kadar Air	0,007264	0,027756	3,821035*
Keteguhan Tekan	8,04918	67,71613	8,41280**
Zat Mudah Menguap	1,44249	6,84536	4,74552**
Kadar Abu	0,155346	19,20887	123,6522**
Karbon Terikat	1,399098	17,74636	12,68415**
Nilai Kalor	218,6	6717,433	30,72934**

(Rindayatno and Lewar 2017)

B. Briket berbahan Kayu Sengon Pada Berbagai Temperatur Pencetakan

Briket kayu Sengon menggunakan bahan baku serbuk kayu Sengon hasil gergaji (gambar 3.10). Adapun ukuran briket yang dibuat adalah 60 mesh. Briket diuji dengan alat uji kompaksi berupa Universal Testing Machine sedangkan pengujian kuat tekan briket menggunakan alat tekan yang berkapasitas kapasitas 20 ton serta batas aman kompaksi 15 ton.

Proses pembuatan briket adalah, briket dibuat dengan menggunakan cetakan tabung pipa besi dengan diameter began dalam 25 mm, diameter bagian luar 50 mm serta Panjang tabung pipa besi 65 mm, Adapun cetakan pipa tersebut dihubungkan dengan pemanas daya 300 Watt. Selanjutnya Pemanas tersebut dihubungkan ke thermocontroler OMRON tipe E5CZ yang memiliki output kuat arus sebesar 3 ampere.

Briket yang telah dicetak ditimbang dengan neraca yang memiliki tingkat ketelitian yang baik. Adapun gambar bahan baku briket kayu Sengon, alat pencetak briket beserta alat

ukur nya seperti yang terlihat pada Gambar 3.10, Gambar 3.11 dan gambar 3.12.



Gambar 3. 10. Limbah kayu Sengon

Bentuk serbuk kayu Sengon berwarna putih kecoklatan dengan struktur serbuk yang berserat sehingga sangat cocok untuk dijadikan briket. Selain itu sifatnya yang mudah melekat pada media perekat apa saja menambah nilai ekonomis bahan serbuk kayu Sengon ini untuk dijadikan bahan baku briket.



Gambar 3. 11. Alat pencetak briket

Proses pembuatan briket kayu Sengon diawali dengan persiapan bahan baku Serbuk kayu Sengon hasil gergajian. Bahan baku tersebut kemudian dikeringkan dengan kadar air sekitar tersisa 10 persen. Setelah bahan dinyatakan kering kemudian bahan dihaluskan lalu diayak dengan ayakan 60 mesh. Bahan halus selanjutnya dimasukkan ke dalam alat cetak yang telah dipanaskan terlebih dahulu. Adapun massa briket yang dibuat sebesar 3.5 gr tiap briket. Briket ditekan dengan alat tekan selama 1 menit dengan kuat tekan sebesar 6000 Psig.



Gambar 3. 12. Alat Ukur kuat tekan

Suhu pada proses pencetakan briket divariasikan sebanyak 3 variasi suhu, masing-masing :

1. Suhu alat pencetak 100 °C dan suhu sampel 80 °C
2. Suhu alat pencetak 120 °C dan suhu sampel 90 °C
3. Suhu alat pencetak 140 °C dan suhu sampel 100 °C



Gambar 3. 13. Briket dengan suhu pencetakan 100 derajat Celsius
(Naim and Saputro 2013)



Gambar 3. 14. Briket dengan suhu pencetakan 120 derajat celcius (Naim and Saputro 2013)

Briket kayu Sengon yang telah dicetak nampak pada Gambar 3.13, Gambar 3.14 dan Gambar 3.15. Briket yang telah jadi tersebut kemudian diberi label untuk membedakan sampel tiap perlakuan. Warna briket yang telah dicetak

berwarna coklat muda. Hal ini dikarenakan briket yang dibuat tidak melalui proses pengarangan. Pada penelitian Naim dkk ini memang difokuskan membuat briket tanpa pengarangan atau non arang. Salah satu keuntungan briket non arang adalah lebih ekonomis dalam proses pembuatannya. Dimana satu tahapan proses pembuatan briket pada umumnya tidak dilakukan. Briket non arang tidak perlu mengeluarkan biaya pembuatan arang serta lebih hemat energi. Briket yang telah dicetak kemudian disatukan sesuai dengan komposisinya masing-masing, agar memudahkan untuk melakukan pengujian.



Gambar 3. 15. Briket dengan suhu pencetakan 140 derajat Celcius
(Naim and Saputro 2013)

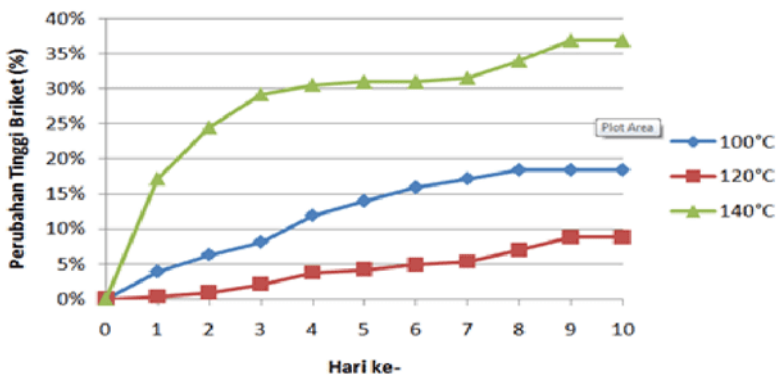
Pengujian briket antara lain terdiri dari perubahan ukuran briket yaitu tinggi briket dan diameter briket, kadar air, kadar abu, zat yang teruapkan dan kadar karbon, berdasarkan sesuai standar ASTM D 1762-84 serta nilai kalor sesuai standar ASTM D-5865-01.

1. Perubahan tinggi briket

Tabel 3. 9. Perubahan tinggi briket serbuk kayu Sengon

Temperatur	Pertambahan Tinggi pada Hari ke - (%)										
Cetakan	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100°C	0,00	3,91	6,32	8,12	11,91	13,97	15,91	17,16	18,41	18,41	18,41
120°C	0,00	0,35	0,97	2,10	3,77	4,21	4,92	5,35	7,02	8,85	8,85
140°C	0,00	17,15	24,46	29,18	30,54	30,99	30,99	31,53	33,97	36,90	36,90

Untuk mengetahui kualitas ukuran briket, maka dilakukan pengukuran tinggi briket. Pengukuran tinggi briket dilakukan selama 10 hari pengamatan dan pengukuran. Adapun hasilnya seperti yang terlihat pada Tabel 3.9 yang dinyatakan dalam bentuk persen. Tabel 3.9 tersebut, agar lebih jelas maka disajikan pula dalam bentuk grafik yang disajikan pada gambar 20 grafik perubahan tinggi briket. Gambar grafik 3.16 memperlihatkan perubahan tinggi briket yang diukur selama 10 hari pengukuran. Hal ini kemungkinan besar disebabkan kadar air yang dimiliki oleh bahan baku yang masih ada.



Gambar 3. 16. Grafik perubahan tinggi briket kayu Sengon(Naim and Saputro 2013)

Gambar 3.16 menunjukkan ada hubungan yang linier antara lama penyimpanan terhadap perubahan ukuran tinggi briket, dimana pada hari pertama setelah pembuatan terjadi perubahan yang signifikan dari ketiga sampel. Kemungkinan besar hal tersebut diakibatkan karena kadar air yang ada pada briket tersebut, sehingga menjadikan briket masih labil. Namun pada hari kelima sampai ke sepuluh terlihat adanya sedikit perubahan saja. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh briket yang sudah stabil.

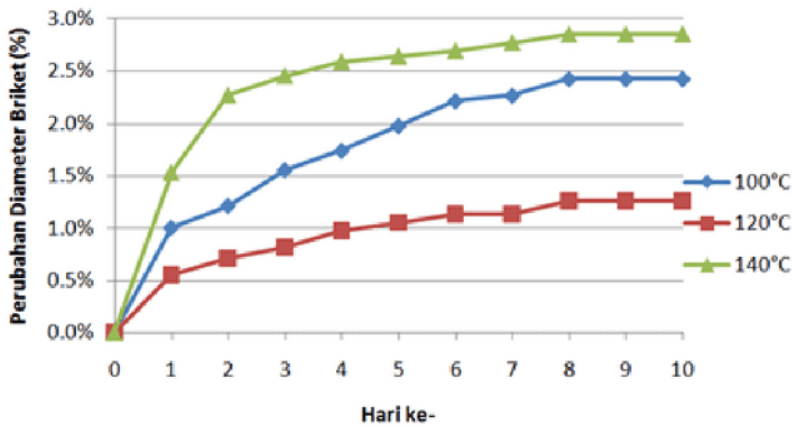
2. Perubahan diameter briket Kayu Sengon

Briket kayu Sengon yang telah jadi juga dilakukan pengukuran diameter briket. Tujuan dilakukannya pengukuran diameter adalah untuk mengetahui apakah briket mengalami susut sehingga memungkinkan lebih mudah menjelaskan kualitas briket yang dibuat. Berubahnya ukuran diameter briket merupakan salah satu factor yang menunjukkan masih adanya kadar air dalam briket, proses pengempaan yang masih kurang maksimal sehingga menimbulkan banyak celah yang dapat diisi oleh oksigen. Adapun tabel hasil pengukuran perubahan diameter briket seperti pada tabel 3.10 berikut yang dinyatakan dalam bentuk persen.

Tabel 3. 10. Perubahan diameter briket serbuk kayu Sengon

Temperatur	Pertambahan Diameter pada Hari ke – (%)										
Cetakan	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100°C	0,00	1,00	1,21	1,55	1,74	1,98	2,21	2,27	2,42	2,42	2,42
120°C	0,00	0,55	0,71	0,81	0,97	1,05	1,13	1,13	1,26	1,26	1,26
140°C	0,00	1,53	2,27	2,46	2,59	2,64	2,69	2,77	2,85	2,85	2,85

Selain dinyatakan dalam bentuk tabel, persen perubahan diameter briket kayu Sengon juga dapat disajikan dalam bentuk grafik yang bisa dilihat pada gambar 3.17



Gambar 3. 17. Grafik Perubahan diameter briket kayu Sengon (Naim and Saputro 2013)

Berdasarkan kedua grafik pada gambar 3.16 dan gambar 3.17 masing- masing terlihat briket mengalami perubahan baik dari ukuran tinggi atau panjang briket maupun dari diameter briket. Akan tetapi pada hari ke 4 sampai 10 nampak sedikit perubahan saja. Hal ini terlihat garis yang terbentuk menuju linier. Kemungkinan besar liniernya grafik yang dihasilkan menunjukkan bahwa briket sudah memenuhi kering yang baik. Akan tetapi terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara suhu 140 derajat, 120 derajat dan 100 derajat Celsius. Dimana perubahan tertinggi terlihat pada briket dengan suhu pencetakan 140 derajat celcius (Naim and Saputro 2013).

3. Kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat

Kualitas briket pada umumnya sesuai standar SNI antara lain kadar air, kadar abu, kadar zat terbang (fly ash), maupun kadar karbon terikat. Nilai dari masing-masing kadar tersebut disajikan pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3. 11. Nilai kadar kadar air, kadar abu, kadar zat terbang (fly ash), dan kadar karbon terikat.

Sampel	Kadar Air %	Kadar zat Terbang %	Kadar Abu %	Kadar Karbon Terikat %
1	8,525	89,111	1,861	0,503
2	8,031	90,284	1,502	0,183
3	7,916	90,624	1,415	0,045
Rata-Rata	8,158	90,006	1,593	0,243

Pada tabel 3.11 terlihat kadar abu nya sangat baik kurang dari 2 persen. Hal ini menunjukkan briket yang dibuat sedikit menghasilkan residu. Dalam hal ini bisa dikatakan penggunaan briket limbah kayu Sengon dalam bentuk briket arang menjadi solusi dalam mengatasi penumpukan limbah gergajian kayu Sengon. Sementara itu nilai kadar karbon terikatnya sangat kecil, hal ini berpengaruh pada nilai kalor yang dihasilkan.

4. Nilai kalor

Kualitas Briket yang tak kalah penting yang harus diketahui adalah nilai kalor. Adapun nilai kalor briket kayu Sengon nampak pada tabel 3.12 berikut (Naim and Saputro 2013)

Tabel 3. 12. Nilai kalor

Sampel	Nilai kalor Kal/Gram
1	4202,57
2	4270,90
3	4270,43
Rata-Rata	4247,967

Nilai kalor yang dihasilkan masih kurang dari nilai standar SNI sebesar 6000 kal/gr.

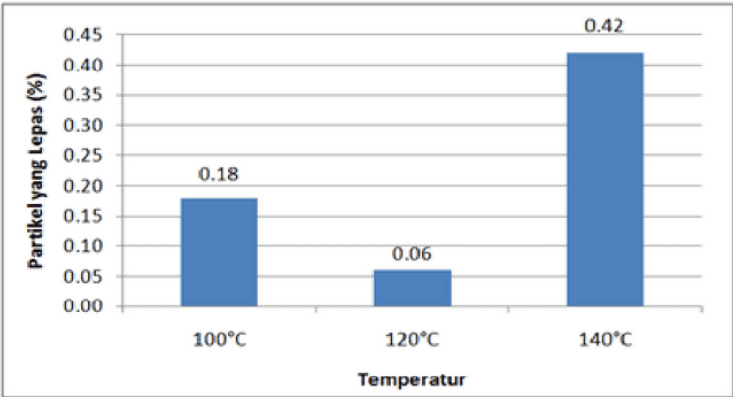
Pada penelitian lain juga menggunakan bahan yang sama yaitu Kayu Sengon namun perbedaannya terletak pada temperature cetakannya. Hasil penelitian di bawah ini menggunakan suhu pencetakan 100 derajat Celsius, 120 derajat Celsius, dan 140 derajat Celsius. Namun terdapat perbedaan kualitas yang diuji. Adapun kualitas uji Briket untuk penelitian Satmoko dkk. sebagai berikut.

1. Partikel lepas dan Kerapatan

Briket adalah salah satu bentuk bahan bakar alternatif. Salah satu factor penting yang harus diketahui pada briket adalah partikel lepas. Partikel lepas ini terjadi saat briket digunakan sebagai bahan bakar dengan kata lain saat briket dibakar. Nilai partikel lepas disajikan pada tabel 3.13 (Satmoko, Saputro, and Budiyo 2013).

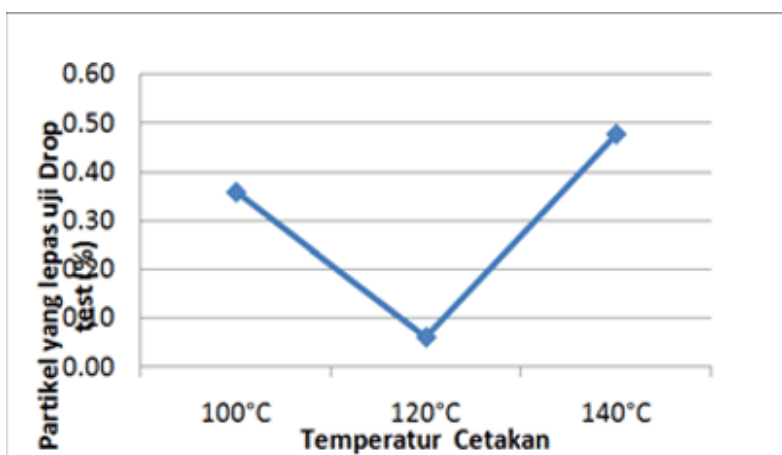
Tabel 3. 13. Nilai partikel lepas briket kayu Sengon

Temperatur		Partikel yang Lepas %					Rata-Rata
Cetakan	uji 1	uji 2	uji 3	uji 4	uji 5		(%)
100°C	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30		0,18
120°C	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00		0,06
140°C	0,61	0,60	0,30	0,00	0,60		0,42



Gambar 3. 18. Grafik nilai persentase partikel yang lepas

Jika disajikan dalam bentuk grafik terlihat pada Gambar 3.18. Gambar 3.18 menunjukkan grafik Nilai partikel lepas pada briket kayu sengaon. Pada gambar tersebut terlihat pada suhu pencetakan 140 derajat memiliki nilai kadar patikel lepas yang paling tinggi dan pencetakan dengan suhu 120 derajat Celsius kadar partikel lepasnya paling rendah. Untuk mengetahui partake yang lepas digunakan metode uji drop. Hasilnya bisa dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3. 19. Grafik nilai persentase partikel yang lepas dengan uji Drop

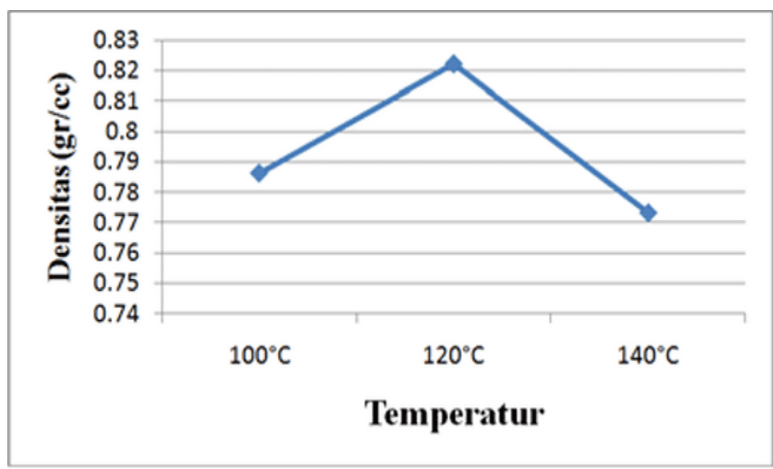
Sedangkan nilai kerapatan sampel briket kayu Sengon disajikan pada tabel 3.14. Nilai kerapatan suatu briket menentukan apakah briket tersebut saat dicetak telah benar-benar manpat. Sehingga memungkinkan tidak ada celah-celah atau ruang antar partikel penyusun briket. Jika kerapatan briket tinggi maka memungkinkan briket tersebut akan sulit terbakar dan butuh waktu yang lama untuk membuat briket tersebut habis terbakar (Satmoko et al. 2013).

Tabel 3. 14. Nilai kerapatan briket kayu Sengon

Temperatur	Densitas (gr/cc)					Rata-Rata
Cetakan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	(gr/cc)
100°C	0,69	0,70	0,78	0,67	0,71	0,71
120°C	0,82	0,71	0,70	0,77	0,68	0,73
140°C	0,68	0,68	0,62	0,68	0,68	0,67

Tabel 3.14 disajikan dalam bentuk grafik seperti Nampak pada Gambar 3.20. Nilai kerapatan yang dihasilkan kurang dari 1 gr/cc dari ketiga jenis suhu pencetakannya. Berdasarkan nilai yang diperoleh maka briket ini dikatakan layak dijadikan briket karna sudah memenuhi standar briket.

Nilai kerapatan atau densitas briket yang dihasilkan tidak sebanding dengan suhu pencetakan briket. Dalam hal ini kemungkinan disebabkan oleh tidak homogennya campuran saat dilakukan proses pengadukan.



Gambar 3. 20. Grafik nilai kerapatan/ densitas briket kayu Sengon pada temperature pencetakan 100, 120, dan 140 derajat Celsius

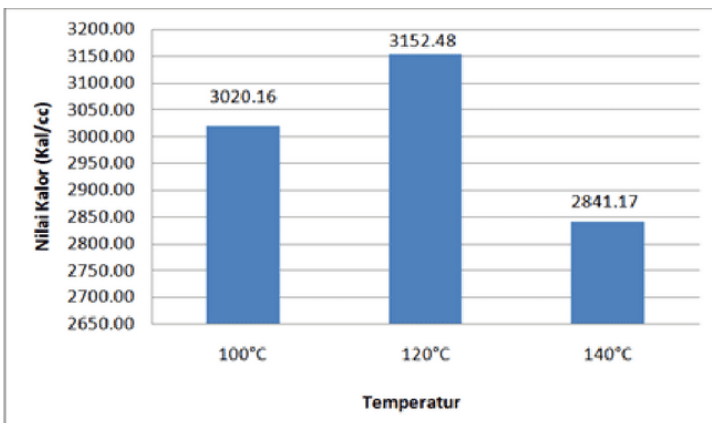
2. Nilai kalor

Briket kayu sengon yang dibuat dengan suhu pencetakan berbeda ternyata juga memiliki nilai kalor yang berbeda. Adapun nilai kalor untuk pencetakan temperature 100, 120, dan 140 derajat Celsius adalah seperti pada Tabel 3.15.

Tabel 3. 15. Nilai kalor briket kayu Sengon pada berbagai temperatur pencetakan

Temperatur	<i>Energy Density</i> (kal/cc)
100°C	3020,16
120°C	3152,48
140°C	2841,17

Nilai kalor yang disajikan pada suhu pencetakan 140 lebih kecil dibandingkan dengan suhu pencetakan 120 derajat Celsius. Terlihat ada ketidaklinieran dari nilai di atas. Seharusnya suhu pencetakan akan mempengaruhi hilangnya kandungan dari material yang digunakan. Suhu pencetakan mempengaruhi nilai kalor briket. Sedangkan jika disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh grafik seperti pada gambar 3.21.



Gambar 3. 21. Grafik nilai kalor briket kayu Sengon pada temperature pencetakan 100, 120, dan 140 derajat Celsius.

Untuk penelitian ini terdapat perbedaan antara standar uji dengan sampel briket yang telah dibuat. Hal ini disajikan pada tabel 3.16. (Satmoko et al. 2013)

Tabel 3. 16. Tabel perbedaan nilai standar uji dan sampel briket kayu Sengon pada suhu pencetakan temperature pencetakan 100, 120, dan 140 derajat Celsius

No	Sifat Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil Pengujian	Memenuhi/ Tidak Memenuhi
1	Kadar air	< 8 (%)	8,15 (%)	V
2	<i>Volatile matter</i>	<16,14 (%)	90,006 (%)	X
3	Kadar abu	< 15,51 (%)	1,593 (%)	V
4	Kadar karbon	>78,35 (%)	0,243 (%)	X
5	Nilai kalor	>6814,11 (kal/gr)	4.250,63 (kal/gr)	X
6	<i>Stability</i>	<10 hari (stabil)	8 hari (stabil)	V
7	<i>Drop test</i>	<4 (%)	0,06 (%)	V
8	Densitas	>0,4407 (gr/cc)	0,822 (gr/cc)	V

Keterangan: V= Memenuhi
x = Tidak memenuhi

Tabel 3.16 menjelaskan bahwa secara umum briket ini kurang layak untuk dijadikan briket hal ini dikarenakan nilai kalor dan kadar karbon yang tidak memenuhi standar. Namun demikian jika ingin digunakan sebagai alternatif bahan bakar dalam skala kecil layak untuk dijadikan alternatif(Satmoko et al. 2013).

C. Briket Berbahan Kayu Sengon Pada Berbagai Suhu Tekan Dengan Perekat Tapioka

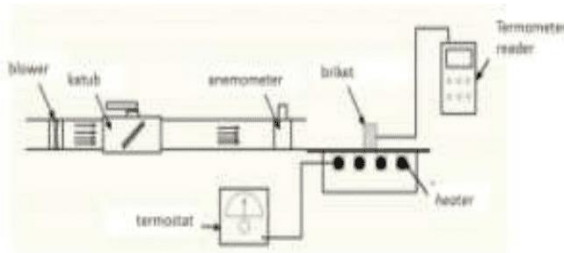
Briket kayu hasil gergaji kayu Sengon dapat pula dibuat dengan penambahan tepung Tapioka. Adapun konsentrasi tepung Tapioka yang ditambahkan aalah 20 % dari total komposisi briket. Massa briket adalah 5 gr per masing-masing 1 sampel. Ukuran dari partikel briket ini adalah 50 mesh yang diperoleh dari ayakan menggunakan ukuran 50 mesh. Sedangkan suhu pada proses pengarangan serbuk gergaji kayu Sengon adalah 400 derajat Celsius (Ilminnafik and Fauzi 2015).

Ukuran briket arang kayu sengan adalah berdimensi 1,8 cm x 10 cm yaitu diameter dan panjangnya. Setelah briket dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian briket ditekan pada tekanan 234 kg/cm². Pada saat pencetakan menggunakan pencetak yang suhunya divariasikan antara lain pada suhu: suhu 100 °C, suhu 175 °C, dan 200 °C.

Kualitas briket pada penelitian ini yaitu;

- kadar air, kadar air yang dimaksud adalah kandungan air yang ada di dalam briket
- waktu penyalaan, waktu penyalaan yang dimaksud adalah waktu yang diperlukan briket arang kayu sengan saat mulai dinyalakan sampai muncul titik nyala api.
- waktu pembakaran, waktu pembakaran yang dimaksud adalah waktu saat briket mulai dinyalakan sampai briket tersebut habis terbakar.
- laju pembakaran, laju pembakaran yang dimaksud adalah waktu per satu satuan massa briket saat mulai dinyalakan sampai habis terbakar.
- nilai kalor, nilai kalor yang dimaksud adalah kandungan kalor yang dimiliki oleh briket.

Untuk mendapatkan nilai waktu penyalaan dan waktu pembakaran serta laju pembakaran, briket kayu Sengan dibakar di atas alat pembakar pada suhu 200°C dengan laju aliran udara yang dimasukkan sebesar 0,6 m/detik. Untuk lebih jelasnya alur penelitian terlihat pada Gambar 3.22 di bawah ini.



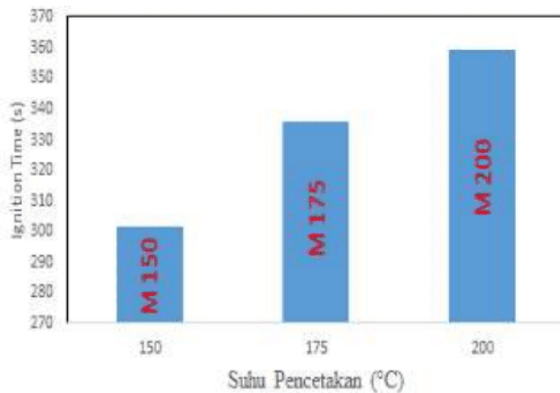
Gambar 3. 22. Alat ukur laju pembakaran, waktu pembakaran dan waktu penyalaan (Ilminnafik and Fauzi 2015)

Adapun nilai dari kualitas briket yang ingin diketahui disajikan pada tabel 3.17 di bawah ini.

Tabel 3. 17. Hasil pengujian karakteristik termal briket.

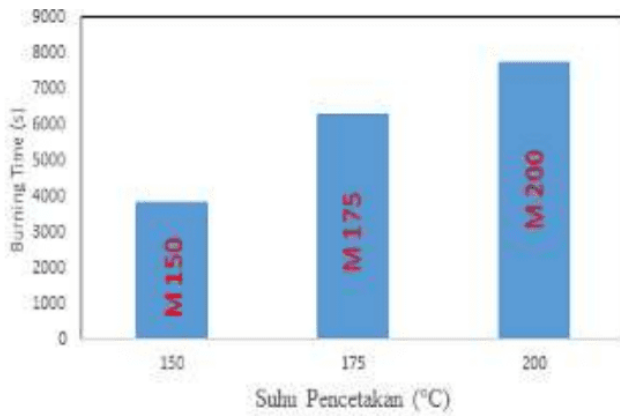
Karakteristik Briket						
Nama		Kadar	Ignition Time	Burning	Laju Pembakaran	Nilai Kalor
No	Briket	Air (%)	(detik)	Time (detik)	(gram/detik)	(kalori/gram)
1.	M150	1,93	301,28	3848,88	0,00105	7625,90
2.	M175	0,98	335,48	6311,11	0,00062	7705,24
3.	M200	0,75	358,89	7772,48	0,00050	7800,67

Niai kalor yang dihasilkan pada Tabel 3.17 berkisar dinilai 7000 kal/gr. Dibandingkan dengan standar SNI lebih tinggi yang dihasilkan sekiat 1000 kal/gr. Hal ini menunjukkan bahwa briket ini sangat baik dijadikan sebagai briket alternatif bahan bakar. Besarnya nilai kalor yang dihasilkan kemungkinan disebabkan kecilnya nilai kadar air yang diperoleh yang cukup keci hanya berkisar 1 % saja. Tabel 3.17 tersebut dapat pula disajikan dalam bentuk grafik, yang disajikan pada Gambar 3.23 berikut.



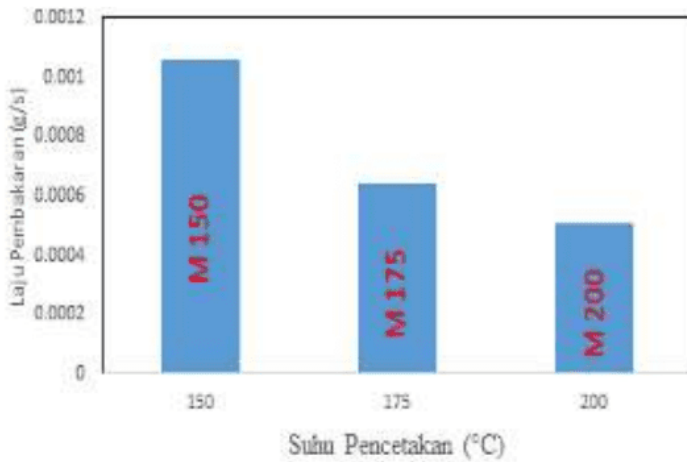
Gambar 3. 23. Nilai waktu penyalaan briket pada berbagai variasi suhu pencetakan (Ilminnafik and Fauzi 2015).

Grafik pada gambar 3.23 menunjukkan waktu penyalaan yang berbeda-beda. Pada suhu pencetakan 200 derajat, 175 derajat Celsius dan suhu pencetakan 150 derajat Celsius menghasilkan waktu penyalaan yang berbeda-beda. Hal ini kemungkinan diakibatkan kerapatan yang dihasilkan juga berbeda. Memungkinkan masih banyaknya rongga atau celah yang diisi oleh oksigen. Nilai waktu penyalaan yang lama terlihat pada suhu pencetakan 200 derajat Celsius. Temperatur merupakan alat yang digunakan saat mencetak atau proses pemberian tekanan pada briket memang sangat berpengaruh pada kualitas briket. Jika briket semakin rapat sangat memungkinkan kurangnya rongga antar partikel penyusun briket. Sehingga pada saat briket dinyalakan atau dibakar, membutuhkan waktu yang lama untuk membuat briket terbakar dan menyala. Sedangkan gambar grafik waktu pembakaran terlihat pada gambar 3.24. Gambar grafik tersebut menunjukkan nilai waktu pembakaran dengan variasi suhu pencetak. Nilai laju pembakaran briket kayu Sengon dengan variasi suhu pencetak briket didapatkan nilai laju pembakaran yang berbeda-beda (Ilminnafik and Fauzi 2015).



Gambar 3. 24. Nilai waktu pembakaran briket kayu Sengon dengan variasi suhu pencetak briket (Ilminnafik and Fauzi 2015)

Terlihat bahwa semakin tinggi suhu pencetakan briket diperoleh pula laju pembakaran yang tinggi. Untuk nilai laju pembakaran terlihat pada Gambar 3.25. Apabila dilihat pada gambar 3.5 sampel pada suhu 150°C memiliki laju pembakaran terbesar hal ini bisa disebabkan karena densitas sampel itu sendiri. Semakin besar densitasnya maka akan semakin kecil nilai dari laju pembakarannya. Dalam hal ini temperature sangat mempengaruhi dalam proses pembuatan briket.



Gambar 3. 25. Nilai laju pembakaran briket kayu Sengon pada variasi suhu pencetak (Ilminnafik and Fauzi 2015)

D. Kayu Sengon Dengan Berbagai Ukuran Partikel

Briket kayu Sengon juga dibuat dengan berbagai variasi ukuran partikel (Priyanto, Hantarum, and Sudarno 2018). Penelitian ini briket dibuat adalah briket yang diarangkan atau dikarbonisasi selama 1 jam pada temperature 400 derajat Celsius dengan komposisi bahan yaitu;

- Sisa olahan kayu sengon,
- Larutan tepung tapioca dan air dengan komposisi campuran 75 persen : 25 persen.

Sedangkan alat yang digunakan pada proses pembuatan briket sisa olahan kayu Sengon antara lain;

- Oven,
- Blender,
- Baskom,
- Ayakan,
- Cetakan briket berdiameter 47 mm
- Korek api
- Kompor briket

Sedangkan alat ukurnya adalah:

- Stopwatch,
- Neraca
- Pres hidrolik bertekanan 115 kg/cm²
- alat ukur tekanan,
- Jangka sorong

Adapun ukuran partikel briket kayu Sengon adalah:

- 40 mesh
- 60 mesh
- 80 mesh
- 100 mesh

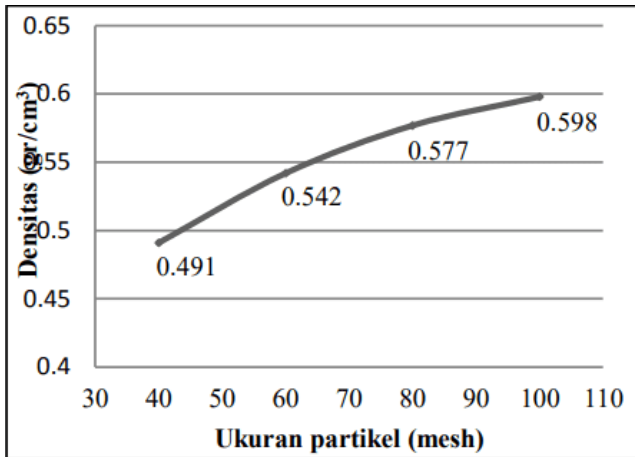
Briket arang kayu Sengon dibuat dengan komposisi arang kayu Sengon dan perekat tepung Tapioka yaitu 70% : 30%. Setelah briket dimasukkan ke dalam alat pencetak yaitu pres hidrolik dengan kekuatan 115 kg/cm². Lalu briket ditekan selama 120 detik pada alat yang sama. Briket arang kayu Sengon lalu dikeringkan selama 1 jam dengan alat pengering yang bersuhu 100 derajat Celsius. Kualitas briket arang kayu Sengon pada penelitian ini antara lain:

- Kerapatan
- Kadar air
- Laju pembakaran

Beberapa pengujian beserta hasilnya dipaparkan secara detail seperti berikut:

1. Kerapatan

Nilai kerapatan atau densitas dari briket arang kayu Sengon dengan campuran perekat tepung Tapioka dapat dilihat pada gambar 30



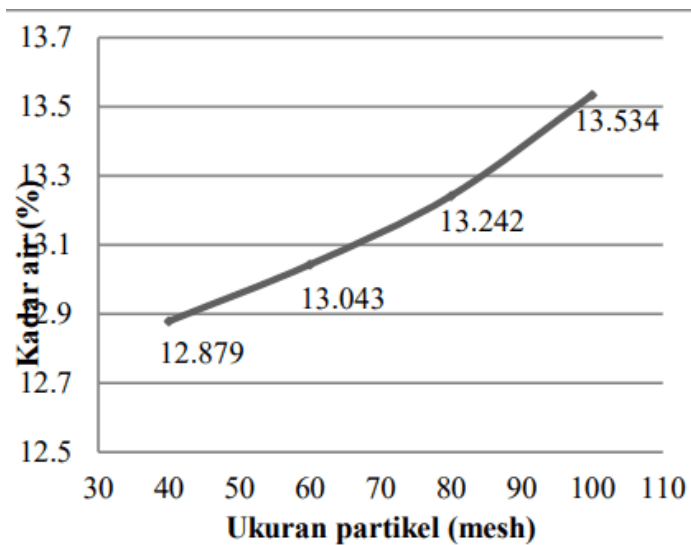
Gambar 3. 26. Nilai kerapatan briket arang kayu Sengon pada variasi ukuran partikel briket

Berdasarkan gambar 3.26 terlihat bahwa nilai kerapatan berbanding lurus dengan ukuran partikel briket arang kayu Sengon. Dimana semakin kecil ukuran partikel yang digunakan nilai kerapatannya semakin besar. Demikian pula sebaliknya semakin besar ukuran ayakan yang digunakan semakin kecil nilai kerapatan yang dihasilkan. Kerapatan ini sangat dipengaruhi oleh ukuran mesh yang digunakan pada saat pembuatan bahan baku briketnya. Jika dibandingkan dengan standar SNI maka kualitas briket untuk pengujian densitas atau kerapatan dinyatakan memenuhi standar. Dimana standar SNI harus di atas 0,4. (Priyanto et al. 2018).

2. Kadar air

Kadar air briket arang kayu Sengon diperoleh setelah briket dikeringkan dengan oven yang bersuhu 110 derajat Celsius selama 1 jam. Lalu didinginkan, kemudian dikeringkan kembali pada alat yang sama. Proses ini dilakukan berulang-ulang sampai dipadapatkan massa yang stabil. Dalam artian massanya tidak mengalami perubahan

lagi. Adapun nilai kadar air briket arang kayu Sengon campuarn perekat Tapioka terlihat pada gambar 31 di bawah ini.

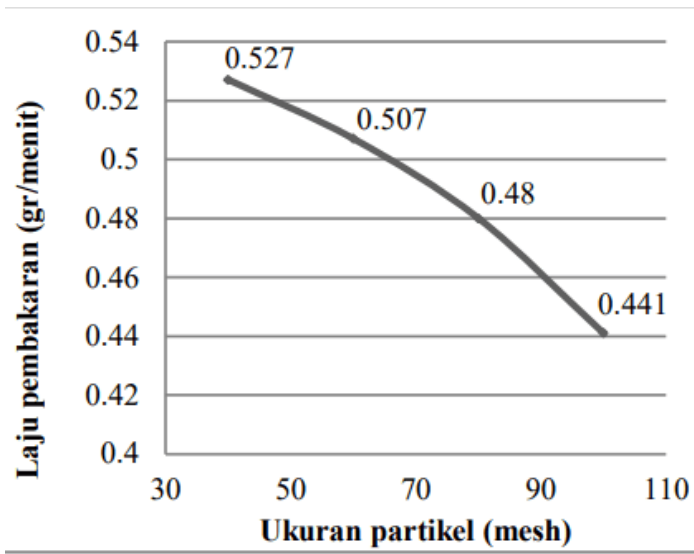


Gambar 3. 27. Nilai kadar air briket arang kayu Sengon pada variasi ukuran partikel briket (Priyanto et al. 2018).

Berdasarkan grafik pada gambar 3.27 terlihat bahwa kadar air sebanding dengan ukuran partikel. Dimana semakin kecil ukuran partikel semakin besar kadar airnya. Hal ini juga berbanding lurus dengan nilai kerapatan yang telah dihasilkan. Kadar air sangat dipengaruhi dengan ukuran rata-rata distribusi partikennya. Menggunakan mesh yang lebih besar ukurannya membuat ukuran pafrtikelnya semakin kecil, ukuran partikel yang kecil berpengaruh dengan densitas sampel briket. Kadar air yang dihasilkan berada di atas standar SNI dibawah 8%. Memungkinkan briket masih mengandung banyak air sehingga mengharuskan briket ini untuk dikeringkan lebih lama lagi dari waktu yang telah dilakukan (Priyanto et al. 2018).

3. Nilai Laju Pembakaran

Nilai laju pembakaran briket arang kayu Sengon terlihat pada gambar 3.28 di bawah ini.



Gambar 3. 28. Nilai kadar air briket arang kayu Sengon (Priyanto et al. 2018)

Laju pembakaran yang dihasilkan pada briket arang kayu Sengon pada berbagai ukuran ini terlihat berbanding terbalik dengan ukuran partikelnya. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah banyaknya rongga udara yang terdapat pada Briket sehingga banyak diisi oleh oksigen yang mudah terbakar saat dibakar.

E. Kayu Sengon Dengan Variasi Perekat Tapioka

Penelitian selanjutnya tentang briket kayu Sengon dengan variasi perekat tepung Tapioka. Tepung Tapioka banyak digunakan sebagai bahan perekat pada proses pemuatan briket maupun briket non arang. Harganya yang relatif murah dan sangat mudah ditemukan di pasaran. Limbah kayu Sengon dibuat arang terlebih dahulu melalui

proses karbonisasi selama 5 sampai 6 jam yang kemudian didinginkan selama 4 sampai 5 jam. Seperti yang nampak pada Gambar 3.29 dan Gambar 3.30. Pada pembuatan briket ini menggunakan alat sebagai berikut:

- cetakkan briket,
- doubledrum retort kiln,
- furnace,
- saringan berukuran 3 mm × 3 mm,
- stopwatch, Universal Testing Machine (UTM) Testometric M500-50AT,
- sarung tangan,
- kaliper digital,
- alat penggiling sampel,
- mangkuk,
- sendok pengaduk,
- timbangan digital,
- oven,
- cawan porselen,
- kompor, panci,



Gambar 3. 29. Bentuk alat pembuatan arang briket kayu
Sengon yang terbuat dari Drum

Sedangkan bahannya adalah;

- limbah kayu sengon,
- tepung tapioka,
- air

Variasi komposisi briket arang kayu Sengon dengan tapioca adalah:

- arang kayu sengon 95% : 5% perekat tepung Tapioka
- arang kayu sengon 90% : 10% perekat tepung Tapioka
- arang kayu sengon 85% : 15% perekat tepung Tapioka

Briket yang dibuat bermassa 12,5 gr dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm. Bagus tidaknya briket yang dibuat ini terlihat pada kualitas hasil pengujiannya. Pengujian briket arang kayu Sengon dengan variasi campuran perekat tepung Tapioka antara lain:

- kerapatan
- kadar air
- kadar abu
- kadar zat terbang
- kadar karbon terikat
- nilai kalor

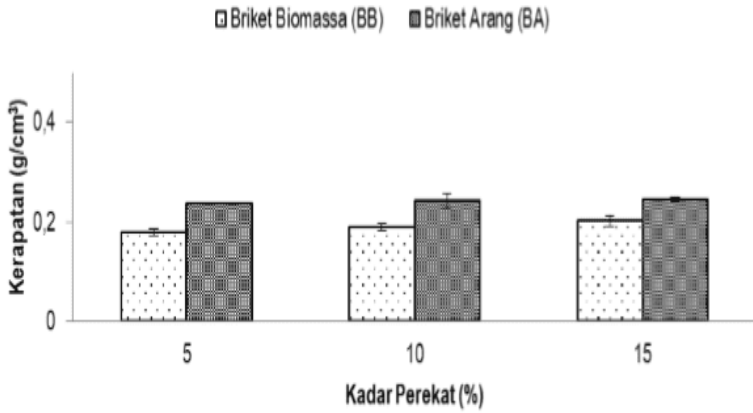
Alat pembuatan arang briket kau Sengon terbuat dari drum besar dab drum kecil. Drum besar sebagai tempat menyimpan bahan bakar untuk membakar kayu Sengon yang terdapat pada Drum kecil. Hal ini memudahkan untuk pengambilan arang kayu Sengon yang telah jadi nantinya.



Gambar 3. 30. Proses pembakaran limbah kayu Sengon menjadi arang

1. Nilai kerapatan

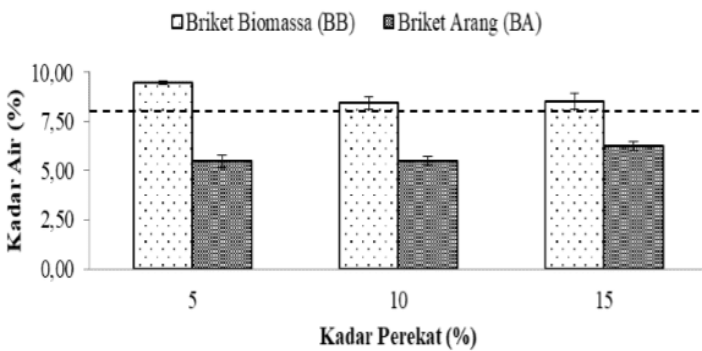
Nilai kerapatan briket arang limbah kayu Sengon dengan variasi perekat tepung Tapioka terlihat pada gambar grafik 2.31. Terdapat perbedaan antara nilai kerapatan briket arang dan briket non arang. Dimana briket arang menghasilkan kerapatan yang lebih besar dibandingkan kerapatan pada briket non arang. Proses pengarangan diprediksi dapat mereduksi ukuran dari partikel penyusunnya, sehingga didapatkan densitas atau kerapatan yang tinggi jika dibandingkan dengan tanpa pengarangan.



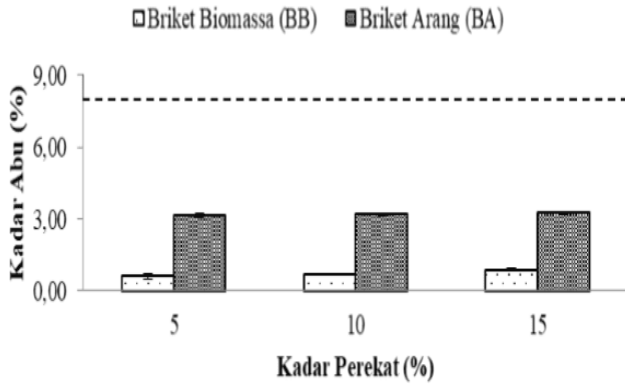
Gambar 3. 31. Perbandingan nilai kerapatan briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.

2. Kadar air dan kadar abu

Nilai kadar air briket yang didapatkan tersaji pada gambar grafik 3.31 dan gambar garafik 2.32 grafik. Nilai kadar air yang dihasilkan berada di bawah standar SNI yang telah ditetapkan.



Gambar 3. 32. Perbandingan nilai kadar air briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.

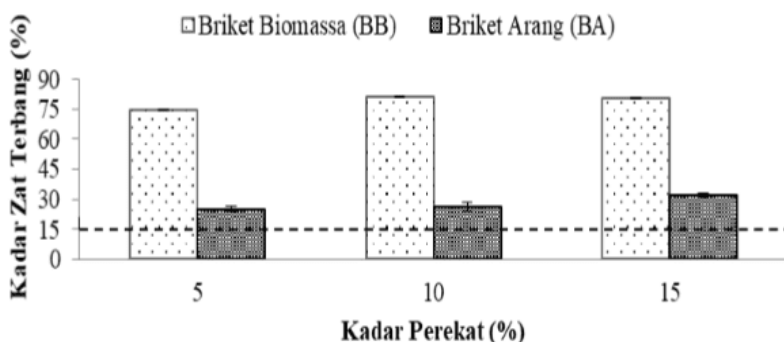


Gambar 3. 33. Perbandingan nilai kadar abu briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.

Kadar abu yang dihasilkan sangat kecil dibandingkan dengan standar SNI yang sudah ditentukan. Hal ini dapat dikatakan briket arang berbahan dasar kayu Sengon dengan perekat Tapioka pada berbagai komposisi sudah baik digunakan sebagai alternatif bahan bakar pengganti minyak.

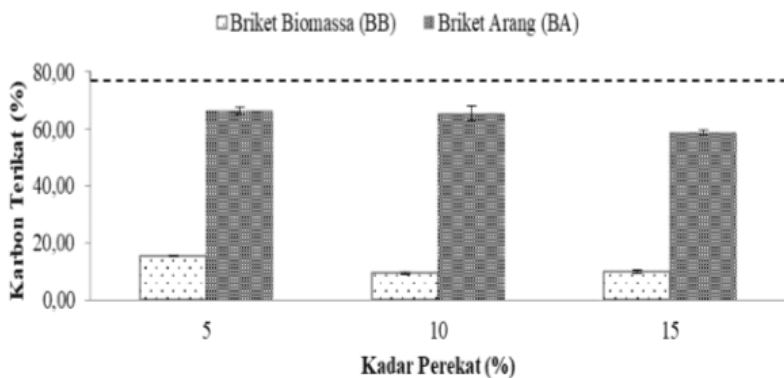
3. Kadar zat terbang dan kadar karbon terikat

Nilai kadar zat terbang dan kadar karbon terikat briket yang didapatkan tersaji pada gambar grafik 3.33 dan gambar grafik 3.34



Gambar 3. 34. Perbandingan nilai kadar zat terbang fly ash briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.

Nilai kadar zat terbang yang dihasilkan berada di bawah standar yng telah disepakati yaitu di bawah 16 persen. Sementara hasil kadar zat terbang yang dihasilkan berada di atas 16 persen.

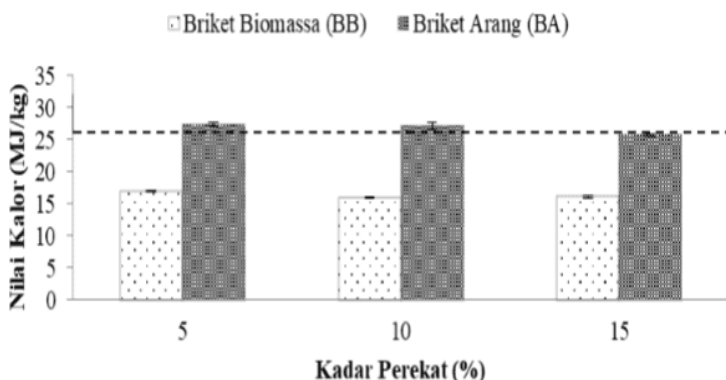


Gambar 3. 35. Perbandingan nilai kadar karbon terikat briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa.

Kadar karbon terikat terlihat berada di bawah standar, standar karbon terikat mustinya berada di atas 78 persen. Hal ini nantinya sangat mempengaruhi proses pembakaran maupun proses penyalaan.

4. Nilai kalor

Nilai kalor briket yang didapatkan tersaji pada gambar 3.36 grafik di bawah ini. Nilai kalor yang dihasilkan sudah memenuhi standar.



Gambar 3. 36. Perbandingan nilai kadar karbon terikat briket arang kayu sengon dengan variasi perekat terhadap standar briket biomassa

(Ridjayanti et al. 2021)

F. Kayu Sengon dengan Berbagai Perekat

Pembuatan briket selanjutnya adalah briket yang berasal dari limbah kayu Sengon dengan berbagai jenis perekat(Arifin and Nuriana 2018). Briket kayu Sengon yang dibuat adalah briket arang yang diperoleh dari prses karbonisasi terlebih dahulu. Adapun jenis perekat yang digunakan antara lain:

- Perekat tepung Tapioka
- Perekat tepung Sagu

- Perekat tepung Maizena
- Perekat tepung Singkong

Sedangkan bahan yang digunakan adalah

- limbah kayu Sengon,
- perekat,
- air secukupnya.

Untuk alat- alat yang digunakan antara lain:

- Oven,
- Blender,
- Baskom,
- Ayakan,
- Stopwatch,
- Timbangan
- Alat pres hidrolik
- UTM
- Cetakan briket berdiameter 4,9 mm,
- Jangka sorong,
- Bomb Kalorimeter.

Sedangkan kulaitas uji briket yang diteliti meliputi:

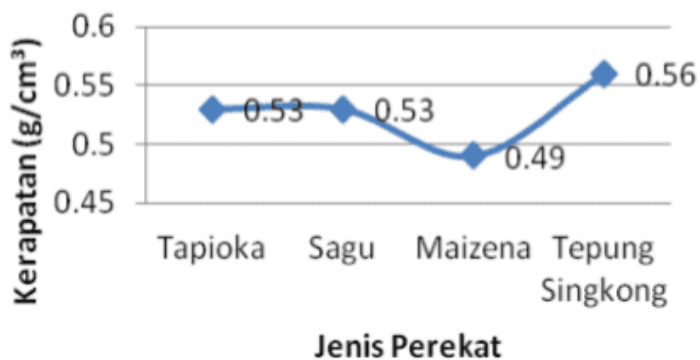
- Densitas//kerapatan
- Kadar air
- Nilai kalor

Adapun hasil pengujian yang didapatkan dari briket berbahan dasar limbah kayu Sengon pada berbagai jenis perekat antara lain terlihat pada Tabel 3.17 di bawah ini. Selain disajikan dalam bentuk tabel, nilai kualitas uji Briket tersebut juga disajikan dalam bentuk grafik yang terlihat pada masing- masing Gambar 3.36 dan Gambar 3.37 (Arifin and Nuriana 2018).

Tabel 3. 18. Nilai kualitas briket arang kayu Sengon dengan variasi perekat

No	Bahan Perekat	Uji Densitas (kg/cm^3)	Uji Kadar Air (%)	Uji Nilai Kalor (kal/g)
1	Tapioka	0,53	8,74	5,700
2	Sagu	0,53	10,78	5,779
3	Maizena	0,49	6,52	5,898
4	T Singkong	0,56	9,37	5,770

Pengujian parameter- parameter pada tabel 3.17 terlihat bahwa nilai kerapatan semua perekat telah memenuhi standar tetapan, sedangkan nilai kadar air hanya pada perekat maizena yang memenuhi sementara tiga perekat yang lainnya berada di atas standar. Padahal nilai standar yang diharuskan adalah di bawah 8 persen. Sedangkan jika disajikan dalam bentuk grafik terlihat pada gambar 3.37 berikut.



Gambar 3. 37. Nilai kerapatan briket pada berbagai jenis perekat (Arifin and Nuriana 2018)



Gambar 3. 38. Nilai kalor briket pada berbagai jenis perekat (Arifin and Nuriana 2018)

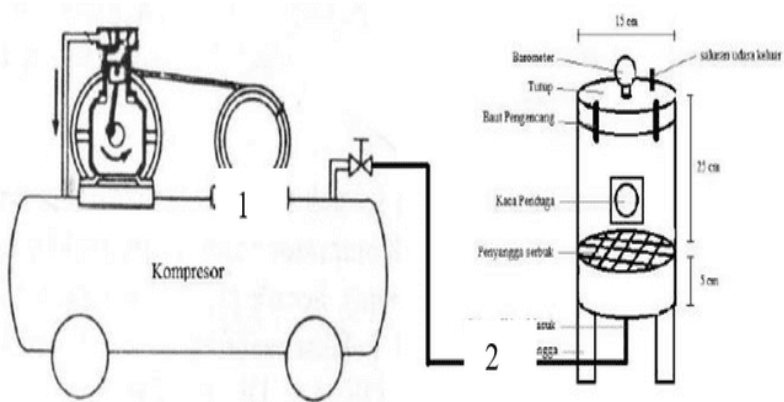
Briket dengan variasi campuran perekat berdasarkan pada grafik gambar 3.38 menunjukkan nilai yang berada di bawah standar. Namun demikian nilai tersebut tidak berbeda jauh dari standar yaitu di atas 6500 kal/gram. Kualitas briket ini dikatakan kurang baik digunakan sebagai bahan bakar namun masih bisa dijadikan sebagai alternatif dengan penggunaan briket yang lebih banyak tentunya (Arifin and Nuriana 2018).

G. Kayu Sengon dan Tempurung Kelapa

Briket kayu Sengon juga dapat divariasikan dengan Tempurung Kelapa. Bagian kayu Sengon yang digunakan adalah serbuk hasil olahan. Briket ini dibuat melalui proses pirolisis. Pirolisis: Kayu yang mengalami dekomposisi termal cepat tanpa adanya oksigen dikenal sebagai pirolisis. Proses ini menghasilkan cairan bio-oil, gas, dan arang. Kayu tersebut pertama-tama dihancurkan dan kemudian dikirim ke reaktor panas tinggi dengan suhu sekitar 932°F (500°C). Pada suhu ini, kayu berubah menjadi uap. Setelah transformasi ini, didinginkan, dipadatkan, dan dikumpulkan kembali dalam bentuk bio-oil cair, gas, dan arang. Istilah fast-pyrolysis

berasal dari fakta bahwa waktu antara pemanasan dan pendinginan berkurang secara substansial, menghasilkan produk cair bio-oil yang diinginkan dalam jumlah yang lebih tinggi (Hubbard 2020). Alat yang digunakan dalam metode Pyrolisis ini bisa dilihat pada Gambar 3.38. Sedangkan, peralatan lain yang digunakan pada pembuatan dan pengujian briket kayu Sengon dan tempurung Kelapa adalah sebagai berikut:

- klin drum,
- alat pengempaan briket,
- bom kalorimeter,
- oven,
- alat screening



Gambar 3. 39. Skema alat pembuatan briket (1) Kompresor
(2) Klin Dum (Anggoro et al. 2018).

Tabel 3. 19. Komposisi campuran briket kayu Sengon dan tempurung Kelapa serta perekat Tapioka

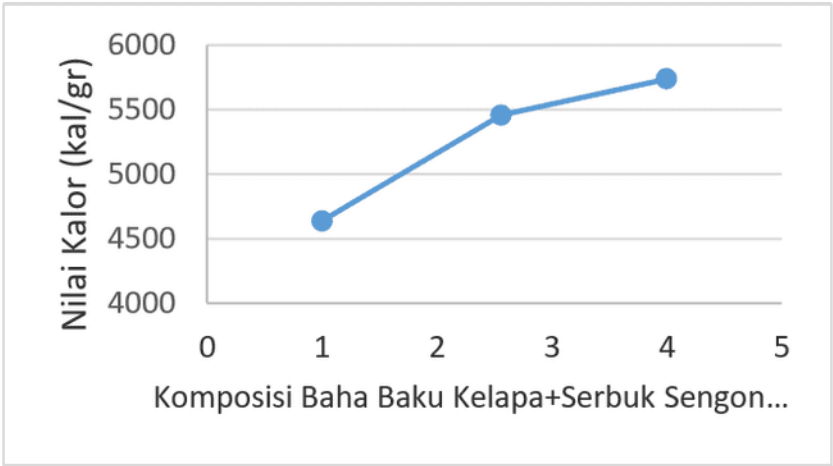
No Sampel	Komposisi Bahan Baku Kelapa (gr)	Komposisi Bahan Baku Serbuk Sengon (gr)	Konsentrasi Perekat (%)
1	2,56	2,44	2
2	2,31	2,69	4,15
3	3,45	1,55	3,71
4	1	4	4,68
5	4	1	5,45
6	3,1	1,9	7
7	2,31	2,69	4,15
8	4	1	2
9	2,05	2,95	6,08
10	1	4	2
11	1	4	7

Komposisi briket campuran arang kayu Sengon dan tempurung Kelapa terlihat pada tabel 3.18. Briket yang telah jadi dikeringkan di bawah sinar matahari selama dua hari. Ada 11 sampel briket yang dibuat. Pengujian kuitas briket hanya nilai kalornya saja dimana nilai kalor diperoleh berdasarkan hubungan antara komposisi campuran dengan tempurung kelapa dan campuran dengan perekat yang disajikan pada tabel 3.19 (Anggoro et al. 2018).

Tabel 3. 20. Nilai kalor briket campuran kayu Sengon dan Tempurung Kelapa serta perekat Tapioka (Anggoro et al. 2018).

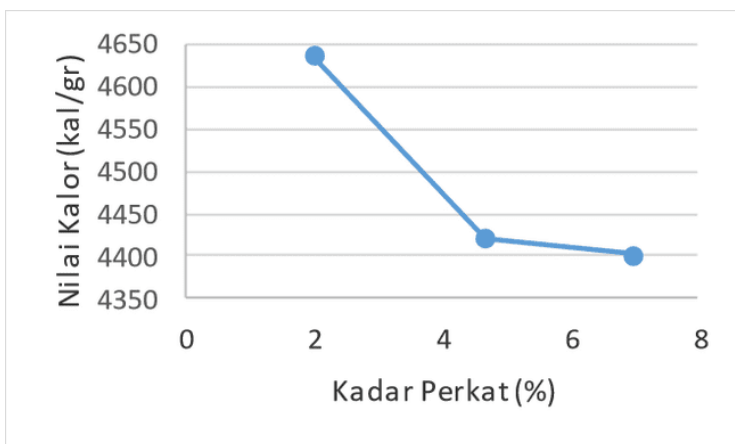
No Sampel	Komposisi Bahan Baku Kelapa (gr)	Komposisi Bahan Baku Serbuk Sengon (gr)	Konsentrasi Perekat (%)	Nilai Kalor (kal/gr)
1	2,56	2,44	2	5457
2	2,31	2,69	4,15	5263
3	3,45	1,55	3,71	5311
4	1	4	4,68	4402
5	4	1	5,45	5699
6	3,1	1,9	7	5298
7	2,31	2,69	4,15	4961
8	4	1	2	5732
9	2,05	2,95	6,08	4692
10	1	4	2	4638
11	1	4	7	4402

Tabel nilai kalor dapat pula disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 3.40 berikut.



Gambar 3. 40. Nilai kalor berdasarkan komposisi kayu Sengon dan tempurung kelapa (Anggoro et al. 2018)

Komposisi briket bahan baku serbuk kayu Sengon dan tempurung Kelapa menghasilkan nilai kalor yang berbeda-beda di tiap komposisinya. Komposisi terbesar juga menghasilkan nilai kalor yang besar juga. Sedangkan untuk kadar perekat hubungannya dengan nilai kalor berbanding terbalik. Tingginya kadar perekat menyebabkan nilai kalornya mengecil. Hasilnya bisa dilihat pada grafik Gambar 3.40.



Gambar 3. 41. Nilai kalor berdasarkan komposisi perekat kayu Sengon dan tempurung kelapa (Anggoro et al. 2018).

3. Briket Berbahan Limbah Kayu Karet

A. Kayu Karet

Kayu Karet adalah salah satu kayu yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan dimanfaatkan sebagai bahan baku industri papan. Tingginya pemanfaatan kayu karet menimbulkan dampak pada banyaknya limbah yang dihasilkan. Salah satu limbah kayu Karet adalah serbuk gergaji. Adapun bentuk dan warna kayu Karet tampak pada gambar 3.42.



Gambar 3. 42. Kayu karet (Anon 2022)

Kayu Karet memiliki keistimewaan pada sifatnya yang mudah melekat dengan bahan perekat apa saja. Adapun kerapatan kayu Karet sekitar 435625 kg/m³. Dikutip dari (Boerhendhy and Agustina 2006) kandungan kimia dari kayu Karet meliputi

- Heloselulosa 70%,
- Selulosa 40%,
- Hemiselulosa 20%,
- Lignin 20,68%,
- Ekstraktif 4,58%

B. Briket Kayu Karet Campuran Tanah Liat dan Tapioka

Briket kayu karet pada peneltian ini berbentuk briket arang yang diperoleh dari hasil pirolisis limbah kayu Karet. Secara umum proses pembuatan briket arang kayu Karet terdiri atas proses penjemuran, pengarangan, pencampuran bahan, pencetakan, dan pengujian kualitas. Ukuran briket yang dibuat adalah diameter 3 cm x panjang 3 cm. Adapun bahan yang digunakan pada pembuatan briket kau Karet adalah:

- Sisa pengolahan kayu Karet
- Tanah liat
- Perekat tepung tapioca dengan perbandingan 1:10

Sedangkan alat yang digunakan adalah:

- 1 set alat pirolisis,
- Hidrolik tipe Np 10 106.
- ayakan 18 mesh,
- desikator,
- timbangan analitik,
- alat press
- blender

Adapun komposisi bahan campuran briket kayu Karet masing-masing perbandingan arang kayu karet: tanah liat: perekat Tapioka adalah:

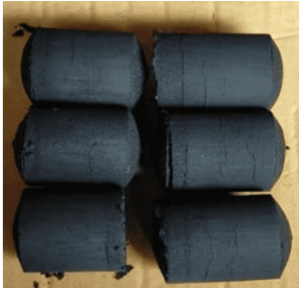
- P1 = 70:20:10 ;
- P2 = 80:10:10
- P3 = 90:5:5
- P4 = 100:0:0

Adapun alat dari pencetak briket tampak pada gambar 3.42 di bawah ini.



Gambar 3.42 Alat hidrolik pencetak briket kayu Karet

Sedangkan gambar hasil briket yang telah jadi dan telah dikeringkan dengan sinar Matahari seperti pada Gambar 3.43a.



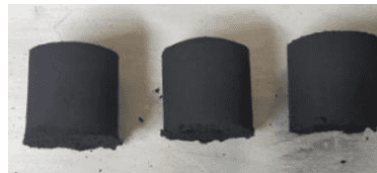
a



b



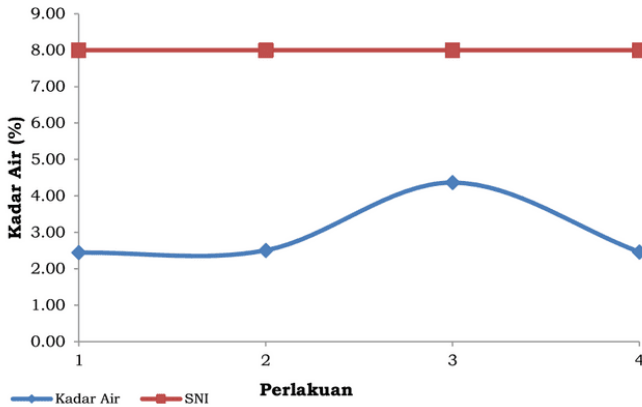
c



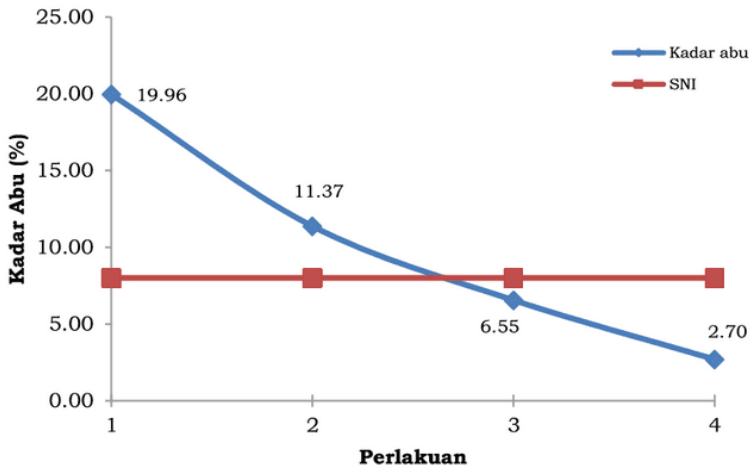
d

Gambar 3. 43. a. Briket komposisi 1 P1
b Briket komposisi 2 P2
c. Briket komposisi 3 P3
d Briket komposisi 4 P4

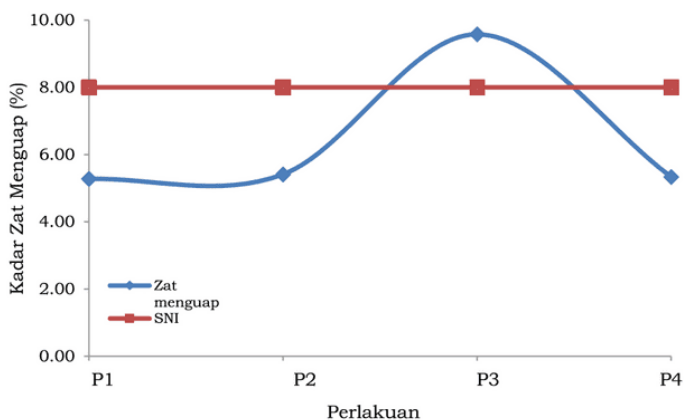
Pada penelitian ini beberapa kualitas briket arang kayu Karet dengan campuran tanah liat dan perekat Tapioka meliputi nilai kadar air, Nilai kadar abu, Nilai kadar zat menguap dan Nilai kadar carbon terikat. Masing- masing nilai kualitas tersebut disajikan pada gambar- gambar grafik berikut ini dengan data pembanding yaitu SNI No. 01-6235-2000



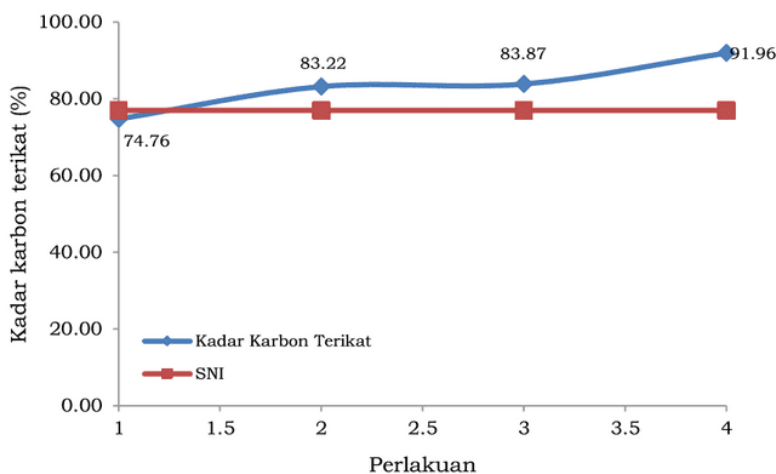
Gambar 3. 44. Grafik nilai kadar air dari briket arang campuran kayu Karet, tanah liat, dan perekat tapioca pada berbagai komposisi



Gambar 3. 45. Grafik nilai kadar abu dari briket arang campuran kayu Karet, tanah liat, dan perekat tapioca pada berbagai komposisi



Gambar 3. 46. Grafik nilai kadar zat menguap dari briket arang campuran kayu Karet, tanah liat, dan perekat tapioca pada berbagai komposisi



Gambar 3. 47. Grafik nilai kadar karbon terikat dari briket arang campuran kayu Karet, tanah liat, dan perekat tapioca pada berbagai komposisi (Pamungkas, Hanifarianty, and Pranata 2022).

C. Briket Kayu Karet Dengan Variasi Komposisi Perekat

Briket kayu Karet dengan variasi komposisi dibagi ke dalam dua komposisi yaitu komposisi rendah dan komposisi tinggi. Briket ini terbuat dari campuran arang kayu Karet dengan perekat Tapioka.

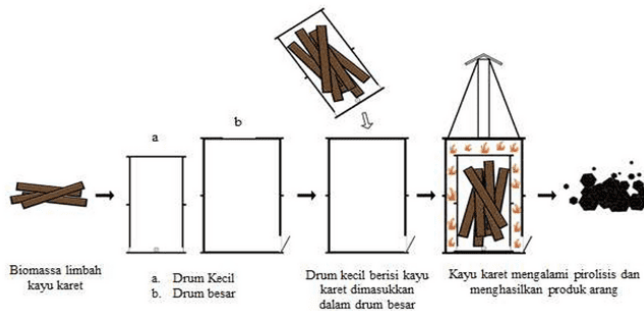
Briket arang campuran Kayu Karet dengan perekat Tapioka Adapun alat yang digunakan terdiri dari :

- double drum retort kiln,
- ayakan 3 mm x 3 mm,
- press hidrolik,
- cetakan berdimensi 50 mm x 50 mm x 75mcm
- oven
- timbangan
- mortar
- alat uji FTIR (Spectroscopy FTIR)

Bahan-bahan penyusun briket adalah:

- arang kayu karet
- perekat Tapioka
- 500 mililiter air

Adapun alur pembuatan briket kayu karet terlihat pada Gambar 3.48. Gambar tersebut menjelaskan bagaimana proses pembuatan arang kayu karet. Proses pengarangan dilakukan selama sekitar 5 jam.



Gambar 3. 48. Alur pengarangan kayu Karet menjadi arang Kayu Karet

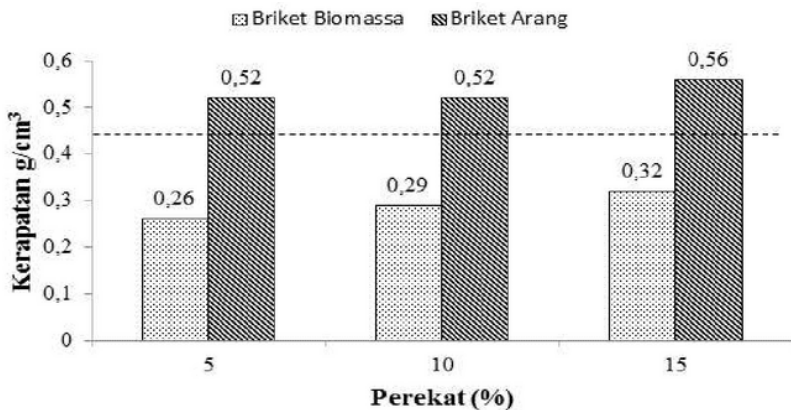
Komposisi briket arang kayu Karet dengan perekat Tapioka yang digunakan adalah:

- 95:5%;
- 90:10%,
- 85:15%

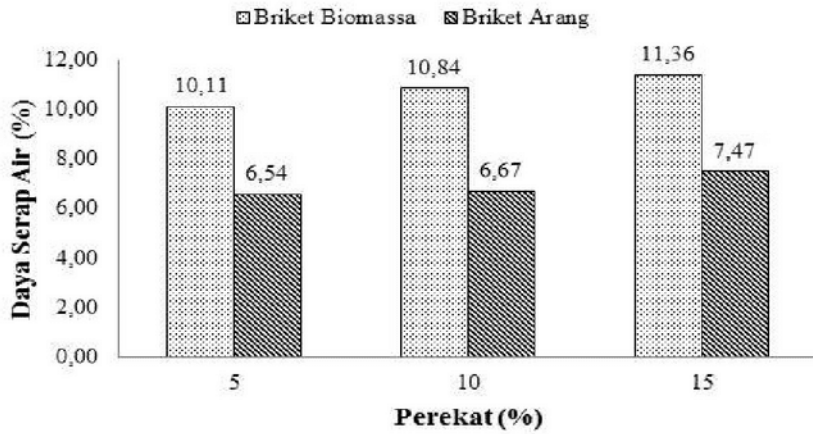
Massa briket yang dibuat adalah 20 gram. Secara umum proses pembuatan briket ini adalah dengan mencampur bahan dengan air yang telah ditentukan lalu dimasak hingga membentuk pasta. Briket yang telah selesai dicetak dimasukkan ke dalam tanur yang bertemperatur 100 derajat Celsius selama 1 hari. Parameter uji kualitas briket terdiri dari:

- Kerapatan
- Daya serap air
- Nilai kalor, diperoleh dari perhitungan kandungan karbon, nitrogen dan hydrogen.
- Uji ultimat
- Uji kualitas dengan FTIR, diukur pada suhu ruang

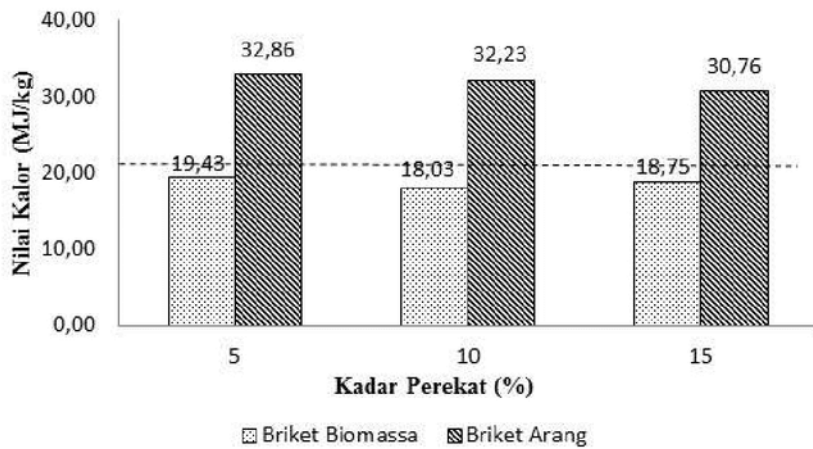
Hasil penelitian untuk kualitas briket arang campuran kau Karet dengan komposisi perekat Tapioka terlihat pada Gambar 3.49, Gambar 3.50, dan Gambar 3.51.



Gambar 3. 49. Perbandingan nilai kerapatan briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka



Gambar 3. 50. Perbandingan nilai daya serapan air briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka



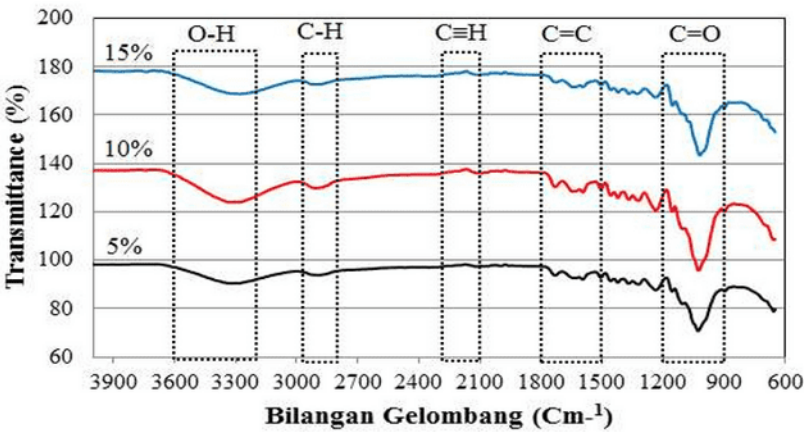
Gambar 3. 51. Perbandingan nilai kalor briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka

Sedangkan nilai uji ultimat briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka terlihat pada Tabel 3.20. Sedangkan nilai yang didapatkan dengan menggunakan

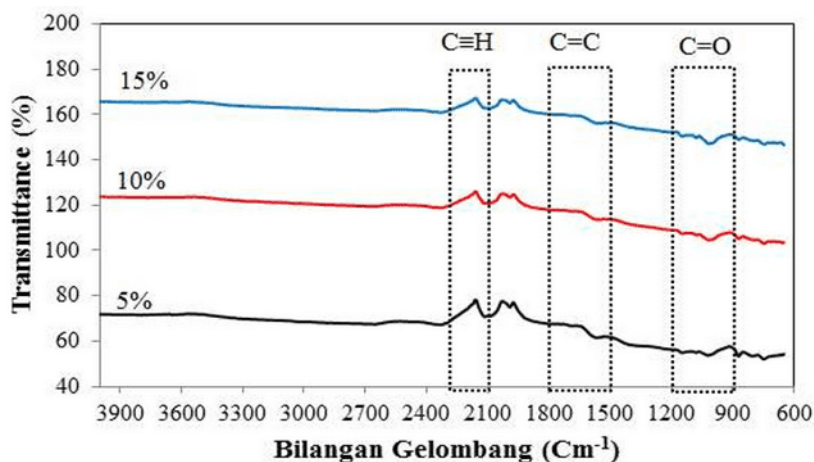
alat Spectroscopy FTIR disajikan dalam bentuk grafik yang terlihat pada Gambar 3.52 dan Gambar 3.53.

Tabel 3. 21. Nilai ultimat dari briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka

Jenis Briket	Kadar perekat (%)	Unsur Kimia (%)		
		Karbon (C)	Hidrogen (H)	Nitrogen (N)
Briket Biomassa	5	47,48	6,93	0,50
	10	43,28	6,36	0,42
	15	45,59	6,87	0,32
Briket Arang	5	84,41	3,28	0,74
	10	82,67	3,43	0,71
	15	79,29	3,60	0,67



Gambar 3. 52. Grafik spektrum dengan FTIR briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka

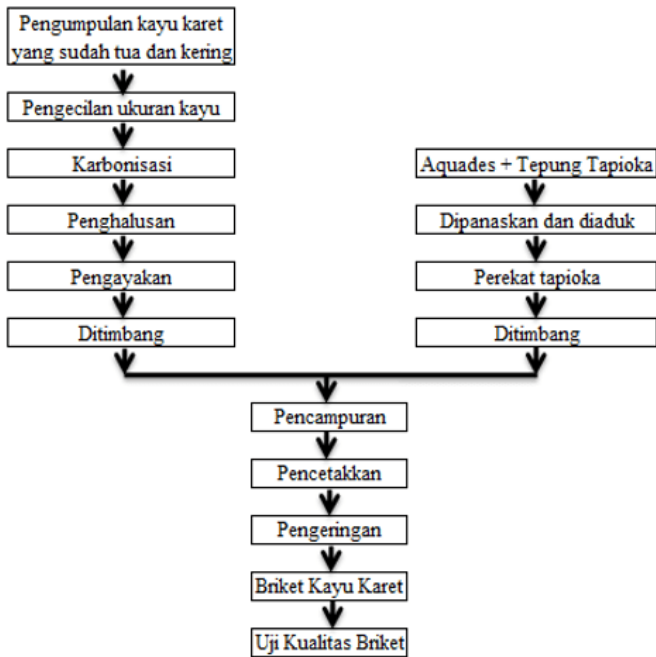


Gambar 3. 53. Grafik spektrum dengan FTIR briket arang kayu Karet dengan variasi komposisi perekat Tapioka (Bazenet et al. 2021).

Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR) atau dapat disebut analisis perubahan gugus fungsi tersebut. Alat tersebut adalah Spectroscopy Fourier Transform Infrared (FTIR) Variant 2000 FTIR Cutter Kit. Analisis ini dilakukan dengan menyiapkan sampel briket yang dihaluskan bersama dengan Kalium Bromida (KBr) padat menggunakan mortar. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam ring mould hingga merata, yang selanjutnya dikompresi menggunakan hydraulic press. Sampel dikeluarkan dari cetakan dan ditempatkan pada spektrofotometer IR.

Briket kayu Karet dengan perekat Tapioka dengan variasi komposisi yang lebih besar dengan alur pembuatan dan pengujian seperti yang terlihat pada Gambar 3.54.

Prosedur Percobaan



Gambar 3. 54. Alur pembuatan briket dengan komposisi perekat yang lebih besar.

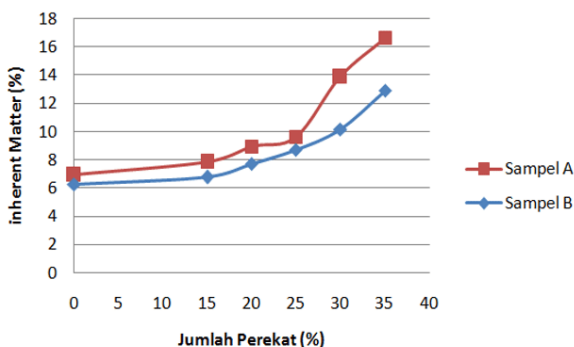
Bilangan gelombang $900\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi gugus $\text{C}=\text{O}$ yang mengandung gugus senyawa karbonil ester dan ikatan asetil. Terjadi perubahan vibrasi pada kelompok ini, dimana puncak spektrum briket biomassa berubah dari curam menjadi lebih landai pada daerah gelombang briket batubara. Perubahan ini disebabkan oleh putusnya ikatan asetil yang merupakan ikatan hemiselulosa pada saat pemanasan. Gugus fungsi CH (alkuna) dan $\text{C}=\text{C}$ (cincin aromatik) briket karbon tampak lebih curam daripada briket biomassa. Kedua gugus fungsi tersebut menunjukkan nilai batubara yang semakin meningkat dan kemurnian batubara yang dihasilkan juga tinggi. Perubahan gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ akibat perlakuan panas (pirolisis) yang menyebabkan

peningkatan bahan mirip lignin yang tidak larut dalam asam, yaitu senyawa yang mirip dengan komponen lignin. Potongan briket arang bergelombang biasanya miring ketika banyak lem digunakan. Adapun komposisi perekat tepung Tapioka yang digunakan terlihat pada Tabel 3.22.

Tabel 3. 22. Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka

Komposisi (%) Arang:Perekat	Kode Sampel Karbonisasi	
	Secara Konvensional	Pada Suhu 500°C
100:0	A	B
85:15	A1	B1
80:20	A2	B2
75:25	A3	B3
70:30	A4	B4
65:35	A5	B5

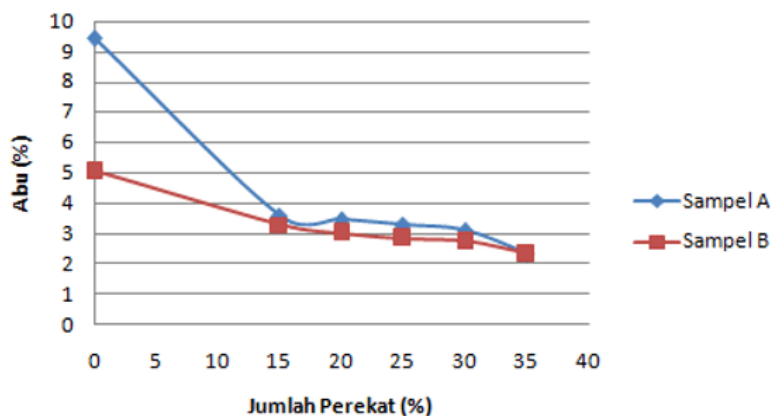
Kualitas briket terlihat pada masing-masing gambar di bawah ini. Kualitas briket yang dibuat dibandingkan dengan kualitas briket konvensional. Pengujian yang dilakukan meliputi: Kadar serap air, kadar abu, kadar zat terbang, Karbon yang terikat dan juga nilai kalornya. Untuk hasil dari masing-masing pengujian bisa dilihat dari Gambar 3.55 untuk hasil pengujian nilai kadar serap air.



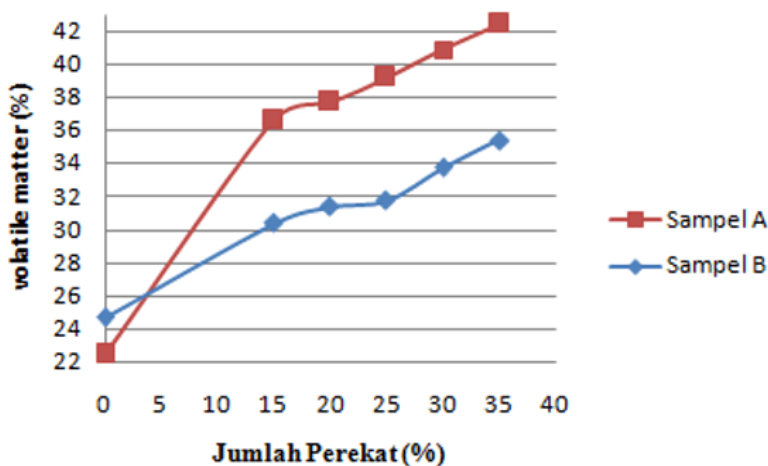
Gambar 3. 55. Nilai serapan air briket kayu Karet pada variasi perekat.

Berdasarkan Gambar 3.55 dapat diketahui jika semakin besar jumlah perekat yang digunakan maka nilai serapan air yang diperoleh. Ini karena ada sejumlah air yang ditambahkan ke perekat tapioka, jadi semakin banyak perekat yang ditambahkan, semakin banyak air yang dikandungnya. Analisis kadar air briket biochar hasil karbonisasi inkonvensional pada suhu 500 derajat menunjukkan bahwa kadar air arang karet lebih rendah dibandingkan dengan arang hasil karbonisasi konvensional. Ini karena suhu mempengaruhi kadar air di udara, dan penyerapan juga dapat dipengaruhi oleh metode penyimpanan. Studi menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar air, semakin rendah nilai kalorinya (Gambar 3.59). Jika kadar airnya tinggi, maka waktu yang diperlukan untuk menghilangkan kadar airnya pun bertambah, yang berarti briket juga akan lebih lama menyala. Hal ini dikarenakan panas yang ada pada awal pembakaran briket terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan kandungan air kemudian untuk membakar bahan.

Hasil selanjutnya yaitu pengujian kadar abu pada briket. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Gambar 3.56. Berdasarkan Gambar 3.56 dapat dilihat bahwa dengan penambahan perekat tapioka dapat mengurangi kadar abu yang dihasilkan oleh briket. Hal ini disebabkan banyaknya zat volatil yang terkandung dalam perekat tapioka dibanding arang kayunya. Alasannya adalah banyaknya zat volatil yang terkandung dalam biobriket menyebabkan kandungan karbon yang lebih rendah, nilai kalori yang dihasilkan lebih rendah, dan lebih banyak asap yang dihasilkan selama pembakaran. Hal ini terkait dengan hasil pada Gambar 3.57.



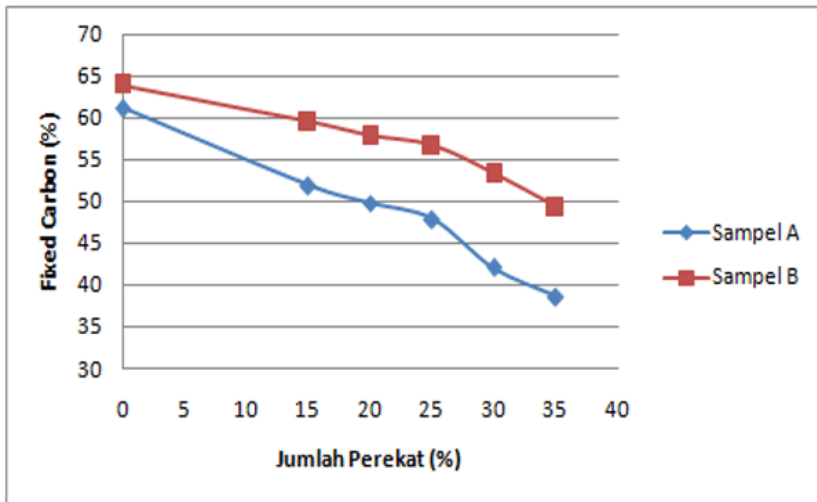
Gambar 3. 56. Nilai kadar abu pada Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka.



Gambar 3. 57. Nilai kadar zat terbang pada Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka.

Analisis kandungan zat volatil pada briket biochar dengan proses pembakaran inkonvensional pada suhu 500 derajat Celcius menunjukkan bahwa jumlah zat volatil yang terkandung pada arang karet lebih rendah dibandingkan

dengan arang yang digunakan pada proses pembakaran konvensional. Suhu udara yang rendah dapat menyebabkan sejumlah besar bahan yang mudah menguap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi, semakin rendah jumlah zat terbang. Nilai volatil dapat mempengaruhi kemudahan penyalaan briket dan jumlah asap yang dihasilkan. Semakin besar jumlah zat mudah menguap maka briket semakin mudah terbakar dan asap yang dihasilkan juga semakin besar. Nilai jumlah zat mudah menguap dari perbandingan arang kayu karet dan perekat tapioka menunjukkan nilai yang sesuai dengan standar briket (Faizal, Andynaprawati, and Putri 2014).

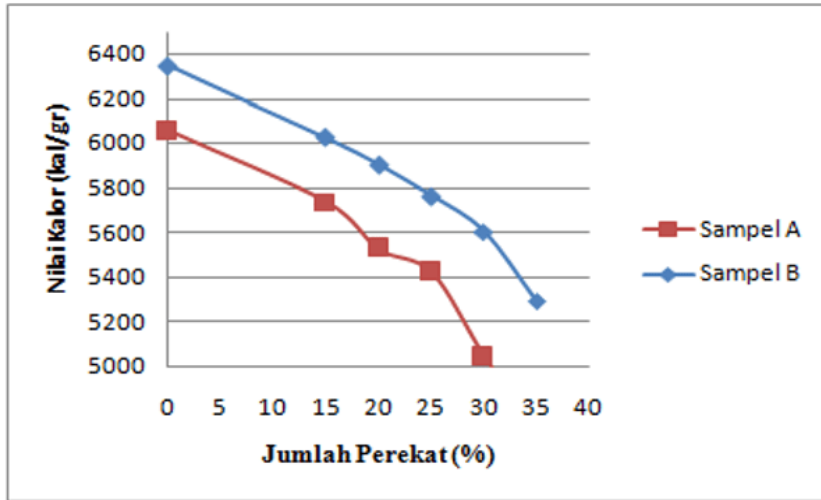


Gambar 3. 58. Nilai kadar zat karbon terikat pada Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka.

Nilai kadar karbon tetap diperoleh dengan mengurangi angka 100 dari penjumlahan kadar air, zat terbang dan kadar abu yang dihasilkan dari pengujian briket. Gambar 3.58 menunjukkan korelasi antara nilai karbon dengan temperatur saat karbonisasi. Uji analitik kandungan karbon padat, karbonisasi konvensional pada suhu 500°C menunjukkan bahwa briket bioarang memiliki kandungan

padat yang tinggi, hal ini disebabkan kandungan karbon padat yang rendah dapat dihasilkan pada suhu pembakaran yang optimal, karena kandungan padat tersebut. Briket bioarang masih rendah. Semakin banyak bahan yang terbakar berpengaruh pada nilai karbon yang terikat. Dimana, nilai karbon tetap tergantung pada jumlah air, abu dan zat terbang. Nilai karbon tetap meningkat jika nilai nilai kadar air, abu dan zat terbang mengalami penurunan. (Faizal et al. 2014).

Nilai kalor merupakan ciri yang sangat penting dari briket arang, karena nilai kalor menentukan kesesuaian briket sebagai bahan bakar. Gambar 3.59 menunjukkan korelasi antara banyaknya perekat digunakan dengan nilai kalor yang dihasilkan. Banyaknya perekat yang digunakan akan berbanding dengan nilai kalor yang dihasilkan. Nilai kalori briket yang rendah disebabkan karena nilai kalori lem tapioka lebih rendah dibandingkan dengan briket arang. Selain itu, temperatur karbonisasi batubara yang tinggi juga dapat mempengaruhi nilai kalor briket, karena semakin tinggi temperatur karbonisasi maka kandungan air dan zat terbang batubara semakin rendah. Uji analitik dengan karbonisasi inkonvensional pada temperatur 500 °C menunjukkan nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan karbonisasi konvensional. Ini karena menggunakan suhu optimal untuk karbonisasi dalam oven.



Gambar 3. 59. Nilai kalor pada Komposisi Arang Kayu Karet dan Perekat Tapioka(Faizal et al. 2014).

D. Briket Kayu Karet Dengan Campuran Lumpur Batubara

Pemanfaatan kayu Karet dalam pembuatan briket juga dapat divariasikan dengan batu bara. Batu bara yang digunakan berupa lumpur Batubara. Ukuran partikel arang briket kayu Karet dengan campuran lumpur Batubara adalah 40 mesh. Briket dicetak dengan proses pengempaan menggunakan alat pres selama 1 hari pada suhu ruang. Proses pembuatan briket ini melalui proses karbonisasi terlebih dahulu selama 45 menit. Selanjutnya briket dioven dengan suhu oven 50 derajat Celsius selama 1 hari. Bahan penyusun briket ini adalah :

- Limbah kayu Karet
- Lumpur Batubara
- Perekat tepung Sagu

Variasi komposisi arang kayu Karet dengan lumpur Batubara serta perekat kanji seperti berikut ini;

- A1 (80%:10%:10%),
- A2 (60%:30%:10%),
- A3 (40%:50%:10%),
- A4 (20%:70%:10%)

Proses karbonisasi dilakukan dalam waktu 45 menit menggunakan suhu bervariasi yaitu:

- 300 derajat Celsius
- 350 derajat Celsius
- 400 derajat Celsius

Sebagai teori pembandingan disajikan tabel nilai beberapa parameter dari Batubara dan Kayu Karet.

Tabel 3. 23. Nilai Analisa parameter lumpur Batubara

Analisa	Hasil
<i>Inherent Moisture (%)</i>	4,82
<i>Ash Content (%)</i>	27,62
<i>Volatile Matter (%)</i>	20,19
<i>Fixed Carbon (%)</i>	47,37
<i>Calorific Value(cal/gr)</i>	5306

Tabel 3. 24. Nilai Analisa parameter kayu Karet

Analisa	Hasil
<i>Inherent Moisture (%)</i>	4,08
<i>Ash Content (%)</i>	3,70
<i>Volatile Matter (%)</i>	47,34
<i>Fixed Carbon(%)</i>	78,96
<i>Calorific Value(cal/gr)</i>	6527

Syachri dan Hartoyo dalam Nurhayati, T (1995)

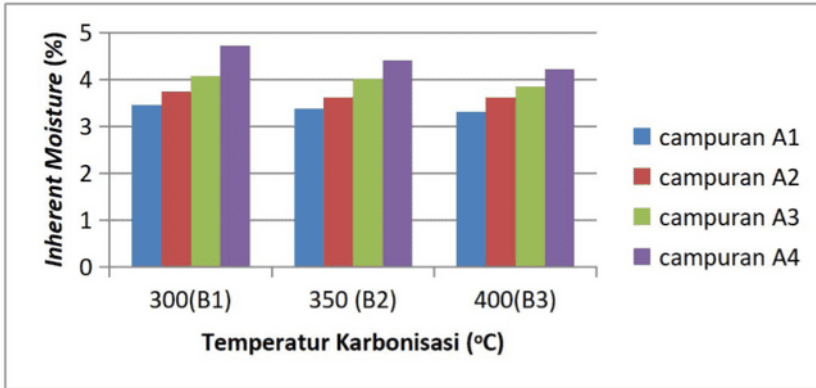
Hasil pengujian parameter-parameter untuk menyatakan kualitas briket yang dibuat, yaitu briket campuran arang kayu Karet dengan lumpur Batubara seperti perekat kanji

disajikan pada Tabel 3.24. Selanjutnya nilai-nilai tersebut juga dapat dilihat pada Gambar 3.60 kadar air, Gambar 3.61 kadar abu, Gambar 3.62 kadar zat terbang, Gambar 3.63 kadar karbon terikat, dan Gambar 3.64 nilai kalor.

Pada Gambar 3.60 Dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi, semakin rendah kelembabannya. Hal ini dikarenakan pori-pori bahan lebih terbuka pada suhu tinggi, sehingga air lebih mudah terdispersi dan menguap, sehingga mengurangi kadar air bahan. Oleh karena itu, biobriket dengan suhu karbonisasi yang lebih tinggi lebih mudah kering daripada biobriket dengan suhu karbonisasi yang lebih rendah, jadi jika jumlah perekat tapioka yang sama dicampurkan ke dalam setiap biobriket, jumlah total air yang ditambahkan untuk biobriket karbonisasi karet lebih sedikit dengan suhu lebih tinggi. Berdasarkan hasil uji yang diperoleh, semua sampel yang diuji telah memenuhi standar SNI untuk kadar air lembab maksimal 8%.

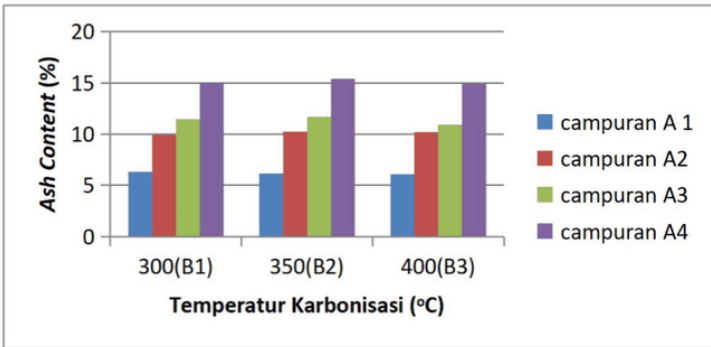
Tabel 3. 25. Nilai masing-masing parameter uji kualitas briket arang kayu Karet, lumpur Batubara, dan perekat kanji

Temp. Karbonisasi BKS (°C)	Komp. Camp. (% berat)	Inh. Mois. (%)	Ash Cont. (%)	Vol. Matter (%)	Fixed Carbon (%)	Calc Value (cal/gr)
300	B1A1	3,46	6,33	27,98	62,23	6230
	B1A2	3,74	9,95	29,93	56,38	6106
	B1A3	4,08	11,47	30,65	53,80	5997
	B1A4	4,73	15,08	34,41	45,78	5947
350	B2A1	3,38	6,14	27,79	62,69	6273
	B2A2	3,63	10,24	28,97	57,16	6166
	B2A3	4,01	11,72	29,14	55,13	6081
	B2A4	4,41	15,42	29,52	50,65	5954
400	B3A1	3,32	6,11	25,31	65,26	6299
	B3A2	3,62	10,22	25,80	60,36	6199
	B3A3	3,85	10,92	26,26	58,97	6086
	B3A4	4,22	14,88	26,63	54,27	6018

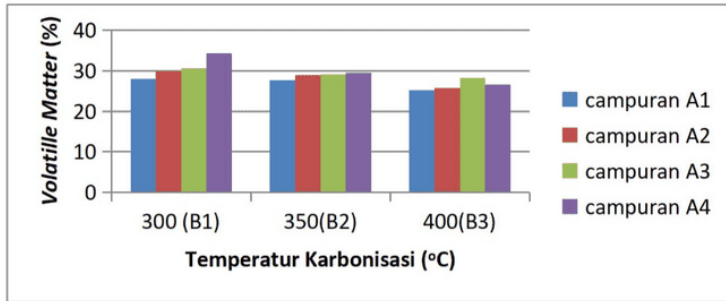


Gambar 3. 60. Nilai kadar air pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu (Nurhayati 2018).

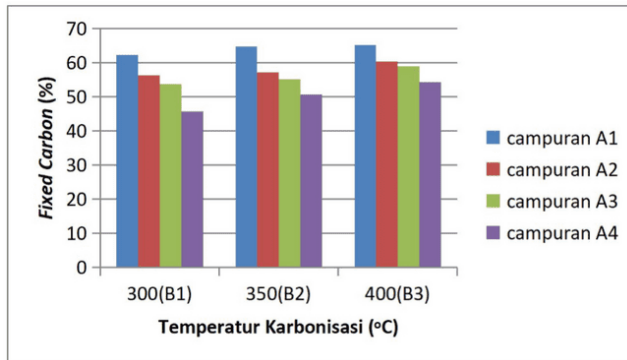
Semakin tinggi suhu karbonisasi bila dicampur dengan arang karet dan arang lumpur, semakin tinggi nilai kalor dan kandungan karbon tetap biobriket, namun kandungan air, abu dan zat terbangnya semakin rendah.



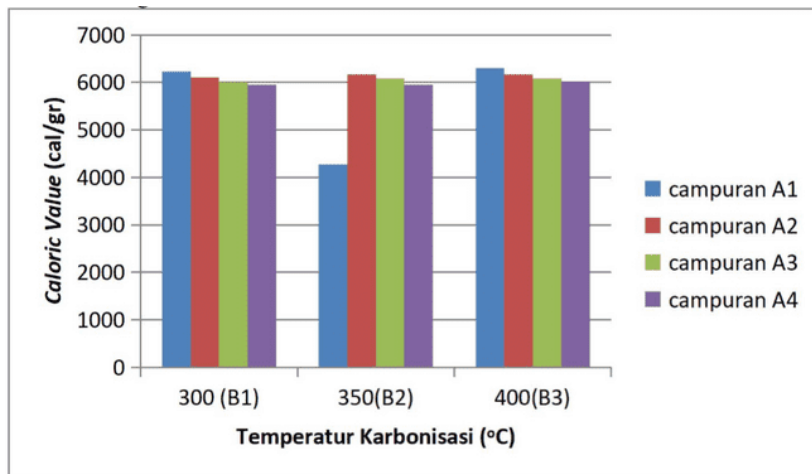
Gambar 3. 61. Nilai kadar abu pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu(Nurhayati 2018).



Gambar 3. 62. Nilai kadar zat terbang pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu(Nurhayati 2018).



Gambar 3. 63. Nilai kadar karbon terikat pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu (Nurhayati 2018).



Gambar 3. 64. Nilai kalor pada berbagai komposisi dan temperature karbonisasi briket arang kayu karet, lumpur batubara dan perekat Sagu(Nurhayati 2018).

Gambar 3.64 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi, semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan. Hal ini disebabkan semakin tinggi jumlah karbon padat yang dihasilkan pada temperatur yang lebih tinggi, sehingga semakin tinggi jumlah karbon maka semakin banyak pula panas yang dihasilkan. Oleh karena itu, biobriket dengan kandungan karbon tetap yang lebih tinggi memiliki nilai kalor yang lebih tinggi pada saat yang bersamaan (Nurhayati 2018).

E. Briket Kayu Karet dengan Campuran Tempurung Kelapa

Briket kayu Karet campuran tempurung Kelapa dibuat dalam bentuk briket arang yang diperoleh dari proses karbonisasi/pengarangan. Pengempaan briket selama 20 menit dengan alat cetak/press. Pengeringan briket selama 4 jam pada suhu 105 derajat Celsius. Data pengujian menggunakan analisis statistic ANOVA yang disajikan pada Tabel 3.24.

Alat dan bahan pembuatan briket arang campuran kayu karet dan tempurung Kelapa antara lain:

- 1 set alat karbonisasi,
- Crusher,
- Pipa paralon sebagai alat cetak,
- Bomb calorimeter,
- Stop watch,
- Baskom,
- Blender,
- Timbangan,
- Tanur,
- Oven,
- Ayakan,
- Alimunium foil,
- Beaker gelas,
- Gelas ukur,
- Cawan silica,
- Loyang aluminium,
- Spatula,
- Batang pengaduk,
- Penjepit besi,
- Desikator.

Sedangkan bahan campuran briket adalah:

- Limbah dari kayu karet
- Tempurung kelapa,
- Perekat tepung tapioka.

Komposisi campuran briket antara arang kayu Karet dan arang tempurung Kelapa adalah:

- P1 = arang kayu karet 100%.
- P2 = arang tempurung kelapa 100%.
- P3 = 50% : 50%
- P4 = 75% : 25%
- P5 = 25% : 75%

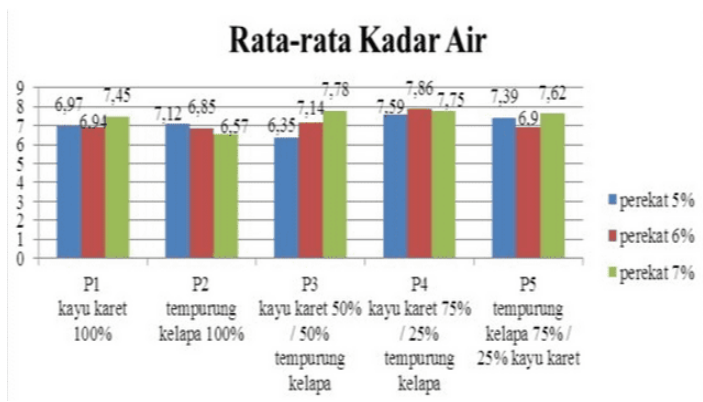
Sedangkan campuran perekat terdiri dari dua variasi campuran:

- T1 = 5%
- T2 = 6%
- T3 = 7%

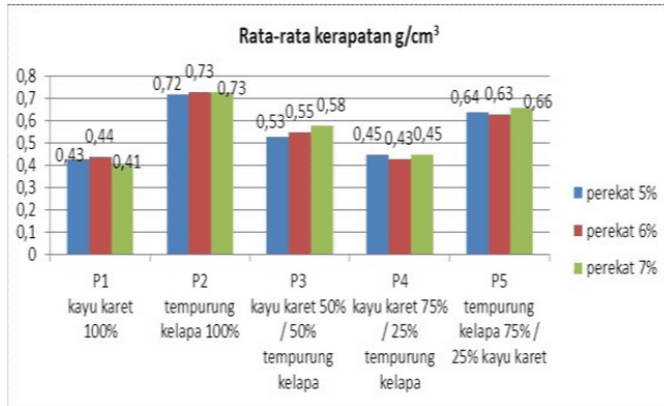
Tabel 3.24 Data Anaisis ANOVA (Analysis of Variance)

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Tengah (KT)	f hitung
Rata – rata kolom	JKK	db numerator = k-1	$s^2K= KTK = \frac{JKK}{k-1}$	$f_{hitung} = \frac{KTK}{KTG}$
Faktor A	JKA	(a-1)	$JKA/(a-1)=A$	A / G
Faktor B	JKB	(b-1)	$JKB/(b-1)=B$	B / G
Intraksi AB	JKG	(a-1)(b-1)	$JKAB/(a-1)(b-1)=AB$	AB / G
Galat	JKG	Ab(u-1)	$JKG/KP(u-1)=G$	
Total	JKT	(abu-1)		

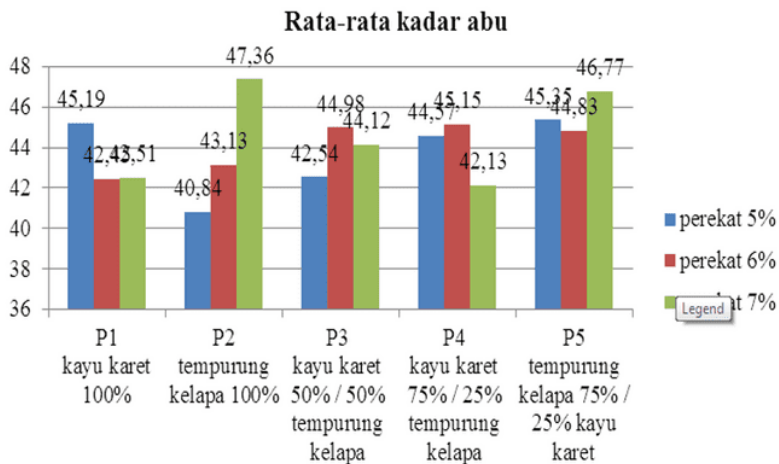
Data hasil pengujian disajikan pada gambar di bawah ini.



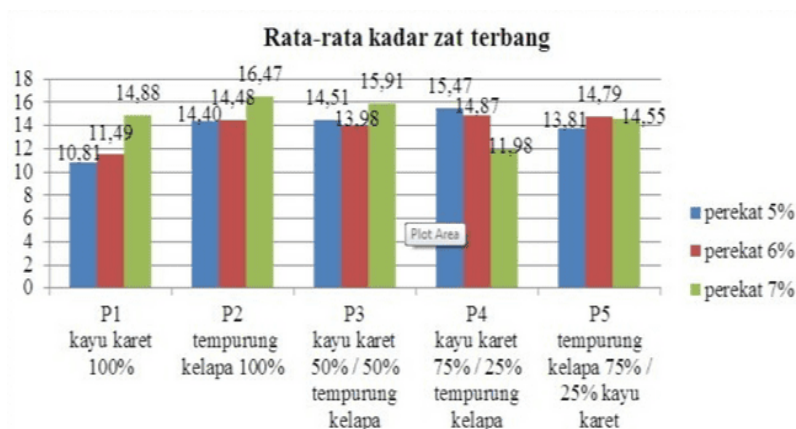
Gambar 3. 65. Grafik nilai rata-rata kadar air briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi



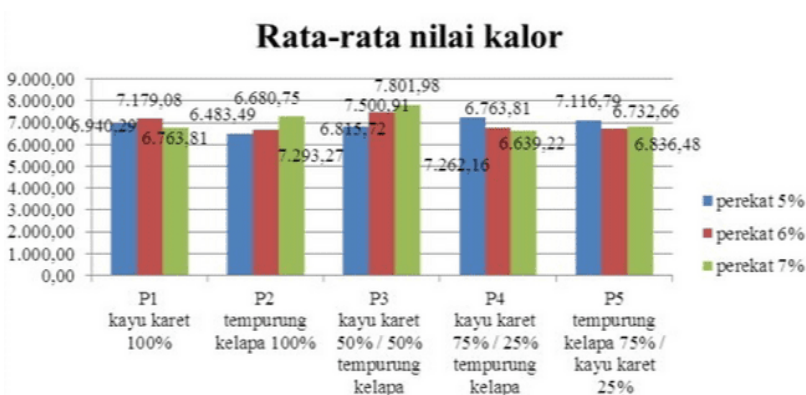
Gambar 3. 66. Grafik nilai rata-rata kerapatan briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi



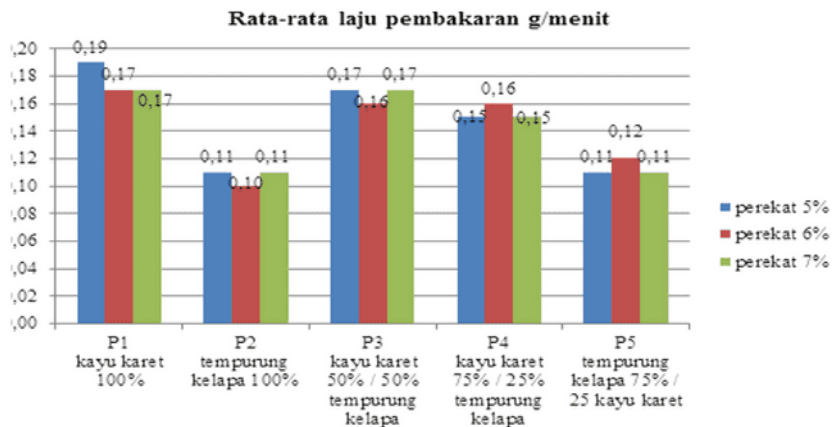
Gambar 3. 67. Grafik nilai rata-rata kadar abu briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi



Gambar 3. 68. Grafik nilai rata-rata kadar zat terbang briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi



Gambar 3. 69. Grafik nilai rata-rata kalor briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi.



Gambar 3. 70. Grafik nilai rata-rata laju pembakaran briket campuran kayu Karet, tempurung Kelapa dan perekat tapioca dengan berbagai komposisi(Aryapranta, Yanti, and Ratnaningsih 2022)

Briket biochar memiliki sifat higroskopis yang tinggi. Tujuan penghitungan kadar air adalah untuk menjelaskan hasil penelitian. Kadar air biobriket diukur setelah pengepresan dan pengeringan Hasil uji kadar air sesuai dengan SNI 2000. Jika nilai kadar air masih tinggi, biobriket sulit terbakar, asap dihasilkan selama pembakaran, menurunkan nilai kalor, dan biobriket juga berpotensi untuk dicetak. Kerapatan Densitas merupakan perbandingan antaramassa dan volume biobriket, besar kecilnya kerapatan dipengaruhi oleh ukuran dan homogenitas briket. Semua senyawa bahan baku memiliki pengaruh yang signifikan terhadap biobriket yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah lem, semakin banyak lem yang mengisi pori-pori briket batubara, sehingga sambungan antara lem dan bubuk batubara lebih baik, karena partikel batubara. Briket dengan kadar abu yang tinggi sebenarnya tidak menguntungkan, karena menimbulkan kerak karbon saat briket dinyalakan.

Tentang hasil pengujian kadar abu pada berbagai perlakuan non SNI. 016235-2000. Terlihat bahwa semakin tinggi kandungan perekat yang digunakan maka semakin

tinggi pula kadar abunya, peningkatan kadar abu tersebut disebabkan oleh proses pirolisis yang melibatkan panas yang meningkatkan nilai kadar abu, kenaikan suhu pirolisis meningkatkan anorganik. kandungan zat/abu. Dari hasil analisis data bahan baku, kadar perekat, interaksi bahan baku dan kadar perekat terhadap kadar abu

Zat terbang adalah zat aktif yang menghasilkan energi termal ketika bahan dibakar, zat yang mudah menguap mempengaruhi proses pembakaran, karena semakin tinggi zat terbang, biobriket semakin mudah terbakar dan mudah terbakar, tetapi menghasilkan banyak asap. Semakin tinggi suhu karbonisasi dalam produksi batubara yang digunakan sebagai bahan dasar biobriket, semakin rendah konsentrasi zat volatilnya. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin tinggi konsentrasi zat volatil pada bahan dasar biobriket.

Semakin tinggi jumlah lem yang ditambahkan, semakin lambat kecepatan pembakaran karena kadar air lem yang tinggi, kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh struktur bahan, kandungan karbon terikat dan kekerasan bahan.

4. Briket Berbahan Limbah Kayu Jati

A. Pendahuluan

Indonesia salah satu negara yang banyak menggunakan energi yang bersumber dari minyak. Menurut (British Petroleum, 2005) kebutuhan energi dari minyak tersebut sebesar 47,5 %. Salah satu pungsi minyak di Indonesia adalah sebagai bahan bakar. Hal ini memungkinkan terjadinya defisit minyak akibat penggunaan yang sangat tinggi oleh masyarakat yang jumlahnya lebih dari 200 juta orang.

Kayu Jati salah satu kayu berasal dari pohon Jati yang banyak tumbuh di Indonesia. Salah satu pemanfaatnya adalah sebagai bahan dasar papan. Pada proses pembuatan papan maupun produk meuble banyak menghasilkan sisa olahan

kayu. Sisa olahan kayu tersebut berbentuk serbuk gergaji. Serbuk gergaji inilah yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan briket. Dimana briket merupakan salah bentuk bahan bakar alternatif yang cukup ramah lingkungan.

Pemanfaatan serbuk kayu jati sebagai briket bahan bakar alternatif disebabkan karna kandungan kayu Jati yang baik digunakan sebagai bahan bakar. Adapun kandungan kayu Jati antara lain: selulosa (40-50%), hemiselulosa (20-30%), lignin (20-30%), dan sejumlah kecil bahan-bahan anorganik.

B. Briket Kayu Jati dengan Campuran Kayu Lain

Briket kayu Jati berbahan dasar campuran kayu lain yang terdiri dari kayu Asam, kayu Johar dan tempurung Kelapa. Briket ini dibuat melalui proses pirolisis atau pengarangan. Briket ini juga dinamakan briket arang. Adapun bahan yang digunakan pada pembuatan briket arang ini adalah:

- Arang kayu Jati, kayu Asam, dan kayu Johar
- Perekat kanji yang berasal dari 25 gr kanji dicampur dengan 250 ml air

Dalam proses pembuatan briket diperlukan alat-alat sebagai berikut:

- Alat cetak briket
- 1 set alat pembakar/pembuat arang
- Neraca
- Gelas ukur dan cawan
- Oven
- Stopwatch
- Bomb calorimeter
- Tanur/oven listrik
- Saringan
- Alat tumbuk/penggiling

Komposisi campuran arang kayu dan air adalah 1 : 10 untuk membuat adonan arang. Sedangkan perekat kanji yang dicampurkan sebesar 5 persen dari massa arang campur air. Adapun massa campuran briket yang dibuat sebesar 500 gr. Briket yang akan diuji kualitas sebelumnya dikeringkan dengan oven dengan suhu kuarng lebih 100 derajat Celsius selama 2 jam. Ukran briket arang ii adalah 2 cm x 2cm x2cm. Kualitas briket ini dilihat dari beberapa parameter antara lain:

- kadar air,
- kadar zat mudah menguap,
- kadar abu,
- kerapatan,
- kadar karbon terikat
- nilai kalor bakar.

Nilai kualitas briket arang campuran kayu Jati, kayu Asam, kayu Johar serta perekat kanji disajikan pada tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 3. 26. Nilai kadar air rata-rata

Kadar Air (%)	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata(%)
Briket Jati	5,9981	5,2046	6,1056	4,9764	5,1984	5,4966
Briket Asam	5,6389	4,8064	5,1892	5,3609	4,9024	5,1795
Briket Johar	7,9806	7,6071	6,9942	7,4051	7,7991	7,5572
Briket Tempurung kelapa	7,3780	7,6891	6,9064	7,1390	7,3191	7,2863
Briket Campuran	7,1610	7,3581	6,7104	7,0179	6,9046	7,0304

Kadar air briket sangat mempengaruhi nilai kalori. Semakin rendah nilai kadar airnya, semakin baik nilai kalorinya. Briket batubara memiliki sifat higroskopis yang tinggi. Maka tujuan perhitungan nilai kadar air adalah untuk mengetahui sifat higroskopis briket batubara hasil penelitian.

Tabel 3. 27. Nilai kadar abu rata-rata

	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata(%)
Briket Jati	6,51	6,08	5,96	6,48	6,71	6,348
Briket Asam	0,41	0,90	0,75	0,57	1,08	0,742
Briket Johar	10,68	9,18	10,46	10,78	10,51	10,322
Briket Tempurung Kelapa	6,50	6,39	6,81	6,17	6,33	6,44
Briket Campuran	14,85	14,06	14,78	14,90	14,38	14,594

Abu adalah bagian sisa hasil pembakaran, dalam hal ini sisa pembakaran briket batubara. Salah satu komponen abu adalah silikon dioksida. Pengaruhnya tidak baik terhadap nilai kalori briket arang yang dihasilkan. Kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket batubara, sehingga kualitas briket batubara menurun.

Tabel 3. 28. Nilai kadar karbon terikat rata- rata

	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata(%)
Briket Jati	57,95	57,67	57,89	57,81	57,91	57,846
Briket Asam	56,86	56,60	56,79	56,97	56,80	56,804
Briket Johar	54,75	54,15	54,59	55,02	54,56	54,614
Briket Tempurung Kelapa	54,05	54,35	54,13	53,89	54,27	54,138
Briket Campuran	41,14	40,92	41,07	41,31	41,10	41,108

Kandungan karbon tetap adalah fraksi karbon (C) yang berasosiasi dengan fraksi karbon air, volatil, dan abu. Adanya karbon terikat pada briket batubara dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat terbang. Level tersebut berharga ketika kandungan abu dan volatil briket batubara rendah. Ikatan karbon mempengaruhi nilai kalor briket arang. Nilai kalor briket tinggi jika nilai karbon yang terikat tinggi. Semakin tinggi jumlah karbon yang melekat pada batubara, berarti arang tersebut merupakan arang yang baik.

Tabel 3. 29. Nilai kadar zat menguap rata-rata

	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata(%)
Briket Jati	24,51	24,18	23,95	24,60	23,73	24,194
Briket Asam	32,08	30,57	30,09	31,13	32,20	31,214
Briket Johar	21,55	22,98	20,86	21,26	21,94	21,718
Briket Tempurung Kelapa	27,06	27,46	26,92	27,42	26,50	27,072
Briket Campuran	31,54	31,09	30,86	30,79	31,08	31,072

Tabel 3. 30. Nilai kalor rata-rata

	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata(kal/g)
Briket Jati	6845,51	6821,90	6886,65	6893,10	6871,38	6863,632
Briket Asam	6957,43	6909,44	7021,85	6980,20	6950,96	6963,976
Briket Johar	6813,36	6776,83	6790,40	6799,36	6787,73	6793,536
Briket Tempurung Kelapa	6960,87	6990,17	6979,25	7010,08	6918,96	6971,866
Briket Campuran	6878,58	6843,16	6890,64	6852,18	6860,89	6865,09

Nilai kalor sangat menentukan kualitas briket arang, semakin tinggi nilai kalor briket arang maka semakin tinggi kualitas briket yang dihasilkan. Nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air dan abu briket batubara. Semakin tinggi kadar air dan abu briket arang maka semakin rendah nilai kalor briket arang yang dihasilkan.

Tabel 3. 31. Nilai kerapatan rata-rata

	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata-rata(%)
Briket Jati	0,440	0,520	0,498	0,467	0,512	0,4874
Briket Asam	0,734	0,820	0,791	0,759	0,761	0,773
Briket Johar	0,560	0,661	0,598	0,601	0,581	0,6002
Briket Tempurung Kelapa	1,175	0,995	0,891	1,014	0,859	0,9868
Briket Campuran	0,688	0,709	0,642	0,732	0,690	0,6922

Sumber:(Handoko, Fadelan, and Malyadi 2019)

C. Briket Kayu Jati Dengan Perekat Tepung Kanji

Briket kayu jati dengan perekat kanji dibuat dalam bentuk briket arang yang ukuran partikelnya adalah:

- 40 mesh
- 60 mesh
- 80 mesh
- 100 mesh

Adapun komposisi massa arang campuran briket yang diperoleh dengan pirolisis tersaji pada Tabel 3.31.

Tabel 3. 32. massa arang yang dihasilkan berdasarkan ukuran partikel arang.

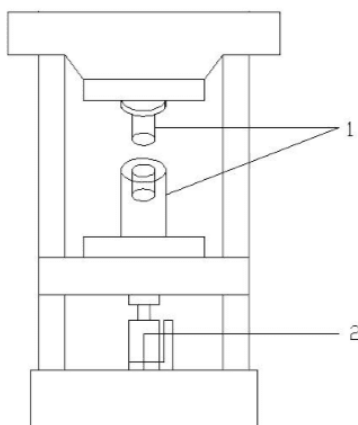
Ukuran partikel (mesh)	Berat serbuk gergaji sebelum pirolisis (gram)	Berat arang setelah pirolisis (gram)	Berat arang yang dihasilkan , (%)
40	570	150	29
60	530	180	34
80	520	200	38
100	500	250	50

Bahan- bahan campuran briket adalah:

- arang kayu jati
- perekat kanji yang diperoleh dari campuran 60 gr larutan kanji dan 200 ml air yang kemudian larutan tersebut dikentalkan dengan 800 ml air mendidih.

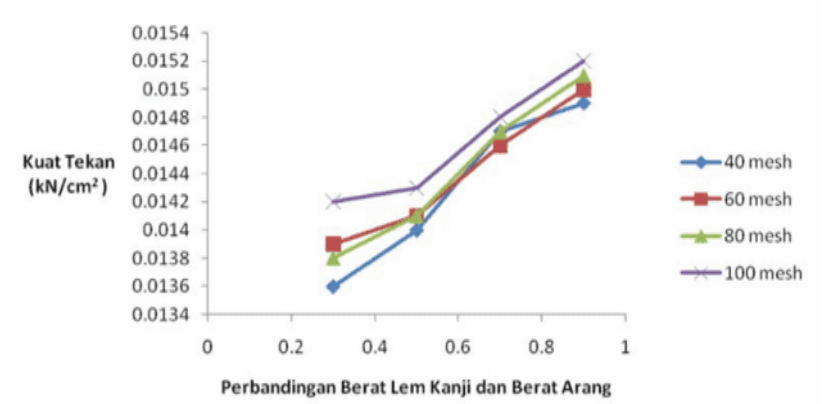
Briket dibuat menggunakan alat yang tersaji pada gambar 1. Alat pembuatan briket kayu Jati antara lain:

- alat pirolisis
- alat pencetak briket
- alat uji kuat tekan.

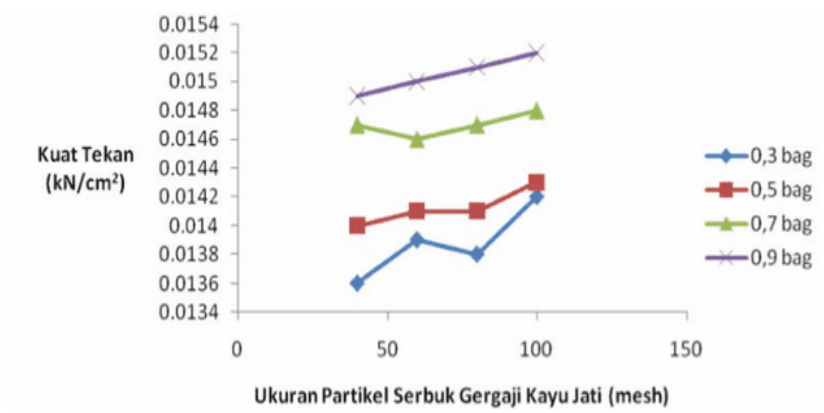


Gambar 3. 71. Alat pencetak briket kayu jati. 1 adalah alat pres dan 2 adalah dongkrak

Parameter pengujian kualitas briket hanya nilai kuat tekan saja. Adapun nilai tersebut ditampilkan pada Gambar 3.72 dan Gambar 3.73.



Gambar 3. 72. Grafik nilai kuat tekan briket Kayu jati dengan pembanding perekat kanji pada berbagai ukuran partikel



Gambar 3. 73. Grafik nilai kuat tekan briket Kayu jati dan perekat kanji pada berbagai ukuran partikel (Yudanto and Kusumaningrum 2009).

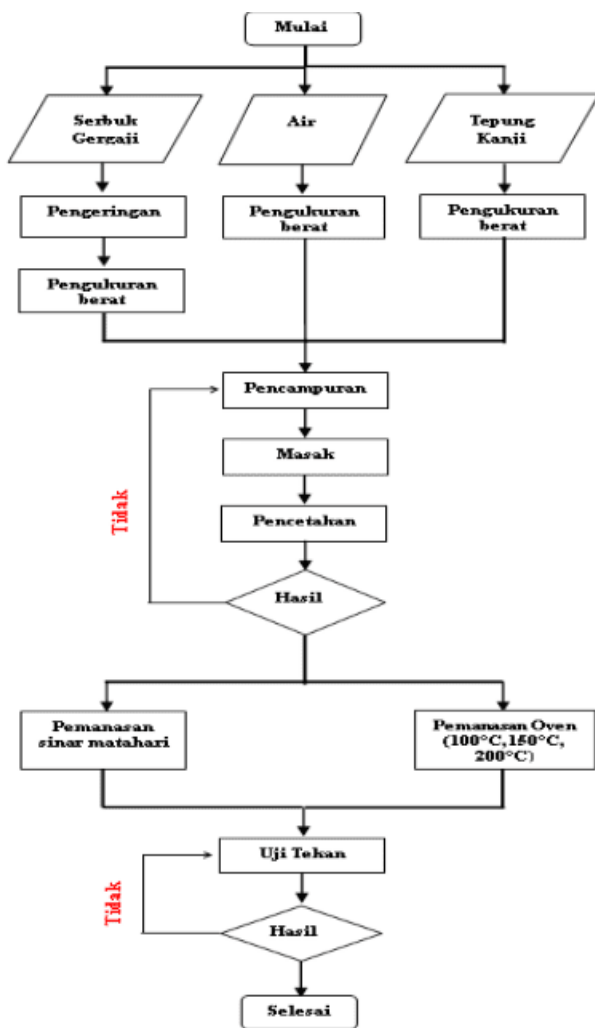
Gambar 3.73 menunjukkan bahwa semakin banyak pati yang ditambahkan ke briket, semakin tinggi kuat tekannya. Hal ini dikarenakan semakin banyak lem yang ditambahkan maka densitas briket batubara semakin baik, jarak antar partikel

semakin berkurang dan sambungan antar partikel semakin baik, rongga antar sel semakin rapat dan nilai kuat tekan yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Gambar 3.73 menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel serbuk kayu jati maka semakin tinggi nilai gaya tekan yang dihasilkan maka semakin tinggi pula perbandingan massa lem kanji dan batubara tertentu. Itu karena ukuran partikel yang lebih kecil menciptakan rongga yang lebih kecil, menghasilkan kekuatan kompresi briket yang lebih tinggi dan kualitas briket yang lebih baik karena tidak mudah pecah.

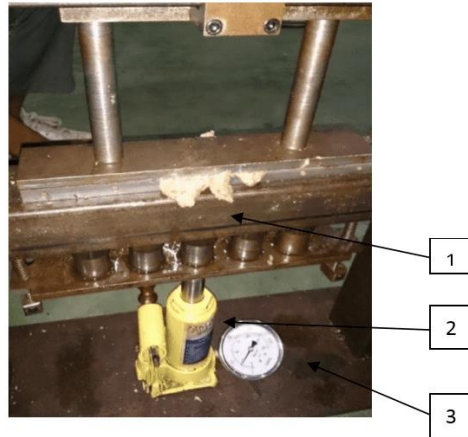
D. Briket Kayu Jati Pada Berbagai Suhu Pengeringan

Suhu pengeringan briket merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas Briket. Maka dari itu dilakukan suatu penelitian yang ingin mengetahui bagaimana kaulitas briket kayu jati pada berbagai suhu pengeringan. Proses pembuatan briket ini tersaji pada Gambar 3.74. Bahan yang digunakan adalah: Serbuk kayu Jati, Perekat kanji, dan Air



Gambar 3. 74. Alur pembuatan briket kayu jati dengan variasi suhu

Alat pencetak briket yang digunakan terlihat pada Gambar 3.75



Gambar 3. 75. Alat pencetak briket, 1 adalah bagian pres, 2 adalah dongkrak, 3 adalah pressure gate

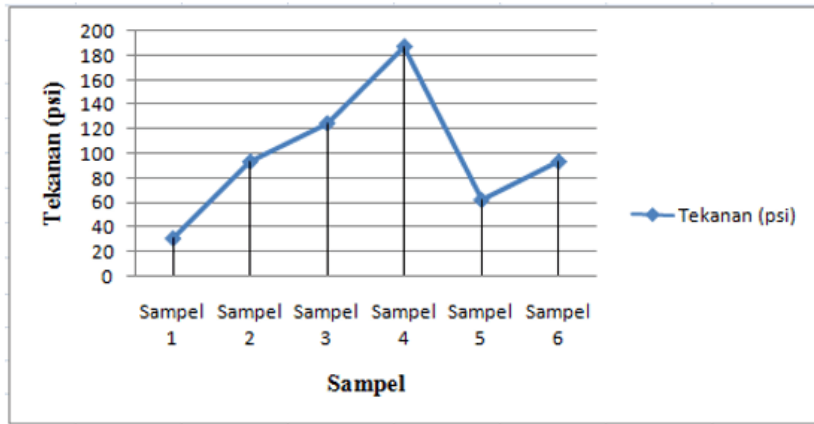
Briket yang melalui tahapan pengujian dikeringkan dengan bantuan sinar matahari yang temperature rata-ratanya adalah 35 derajat. Setelah proses pengeringan standar matahari. Selain itu briket juga dikeringkan menggunakan oven dengan variasi suhu pengeringan antara lain :

- 100 derajat Celsius
- 150 derajat Celsius
- 200 derajat Celsius

Nilai pengujian kuat tekan briket pada sampel briket yang dijemur dengan bantuan matahari dan oven tersaji pada tabel 1 dan Tabel 3.33 Nilai tersebut juga disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.76 dan Gambar 3.77.

Tabel 3. 33. Nilai kuat tekan sampel briket kayu jati dengan perekat kanji pada pengeringan sinar Matahari

Sampel	Tekanan (psi)
Sampel 1	31.25
Sampel 2	93.75
Sampel 3	125
Sampel 4	187.5
Sampel 5	62.5
Sampel 6	93.75

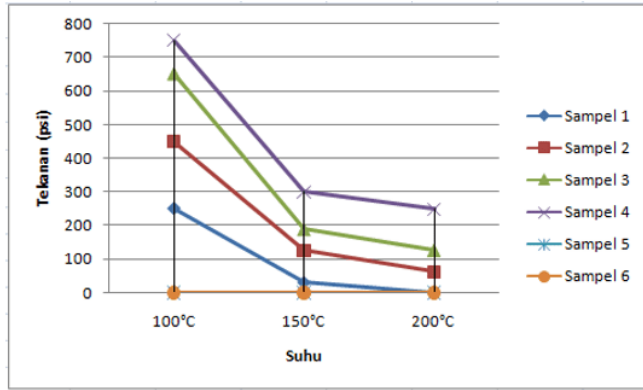


Gambar 3. 76. Grafik hubungan antara suhu pengeringan dengan matahari terhadap nilai kuat tekan briket kayu Jati

Grafik 3.76 nampak terlihat bahwa kuat tekan briket yang dihasilkan bervariasi pada tiap sampel. Tidak diperoleh nilai kuat tekan yang sama pada masing-masing sampel briket. Kemungkinan besar disebabkan kerapatan briket yang berbeda-beda. Dalam hal ini tidak dilakukan pengujian kerapatan briket.

Tabel 3. 34. Nilai kuat tekan sampel briket kayu jati dengan perekat kanji pada pengeringan menggunakan oven

Sampel	Suhu		
	100°C	150°C	200°C
Sampel 1	250	31.25	0
Sampel 2	450	125	62.5
Sampel 3	650	187.5	125
Sampel 4	750	300	250
Sampel 5	0	0	0
Sampel 6	0	0	0



Gambar 3. 77. Grafik hubungan antara suhu pengeringan dengan oven terhadap nilai kuat tekan briket kayu Jati(Mangin and Nugroho 2015)

Gambar 3.77 menunjukkan tekanan di mana setiap rasio bahan campuran gagal dalam hal kekuatan dan penghancuran produk, dengan perbedaan nilai tekanan bervariasi antara pengepresan tangan untuk setiap produk.

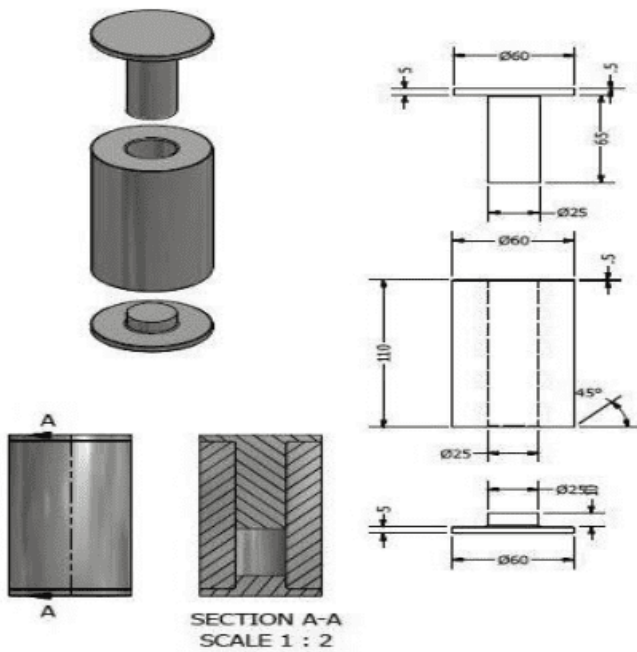
E. Briket Kayu Jati Berdasarkan Ukuran Partikel dan Temperatur Kompaksi

Briket kayu Jati dengan bahan perekat tepung kanji dibuat dengan variasi ukuran partikel. Suhu pengeringan briket 100 derajat Celsius selama 2 jam dengan menggunakan oven. Briket dibuat tanpa melalui proses pengarangan. Adapun ukuran partikel arang kayu jati adalah:

- 30 mesh,
- 40 mesh,
- 60 mesh.

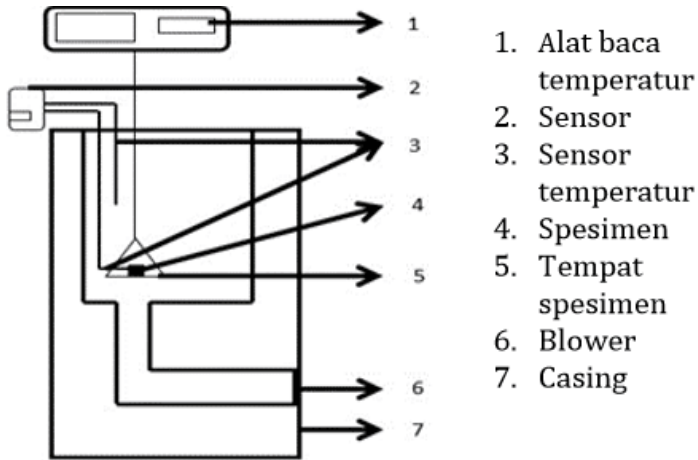
Ukuran kompaksi adalah :

- tekanan 25 kg/cm²
- tekanan 50 kg/cm².



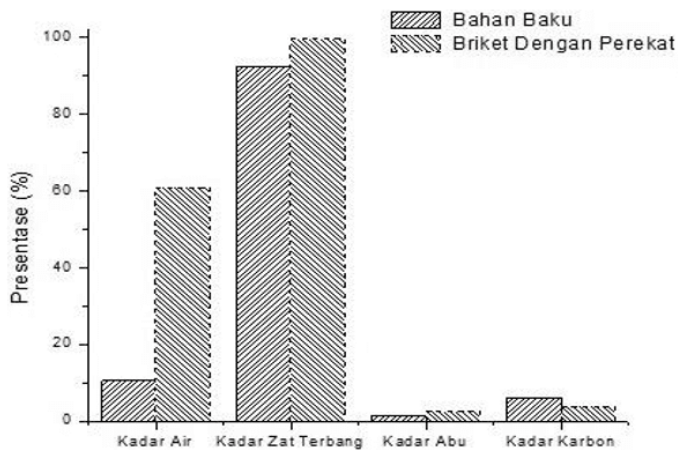
Gambar 3. 78. Bentuk pencetak briket, D_{luar} 6 cm, D_{dalam} 2,5 cm, T 12 cm

Gambar 3.78 alat yang digunakan untuk mengepress briket. Kualitas briket dilihat dari parameter uji berikut: uji proksimat, uji nilai kalor, uji densitas, uji ketangguhan, uji stabilitas, uji laju pembakaran.

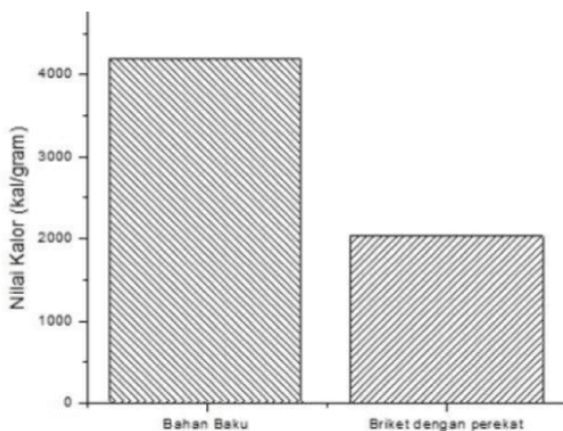


Gambar 3. 79. Alat uji laju pembakaran

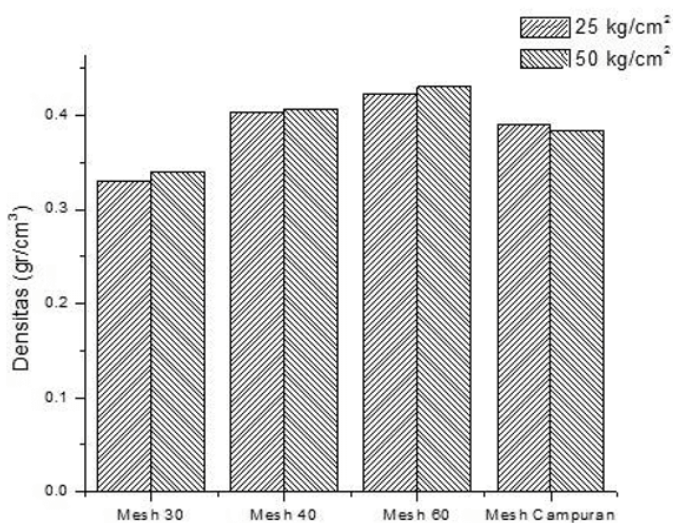
Pengujian nilai laju pembakaran digunakan alat seperti Gambar 3.79. Nilai pengujian kualitas briket pada berbagai ukuran partikel dan suhu kompaksi baik briket tanpa perekat maupun briket dengan campuran perekat terlihat pada Gambar 3.80.



Gambar 3. 80. Nilai persentase kadar proksimat pada briket kayu Jati tanpa perekat dan dengan perekat Kanji



Gambar 3. 81. Nilai kalor pada briket kayu Jati tanpa perekat dan dengan perekat Kanji



Gambar 3. 82. Nilai kerapatan pada briket kayu Jati dengan variasi ukuran partikel dan tekanan kompaksi

Penambahan lem kanji pada briket dapat meningkatkan kadar air, kadar abu dan konsentrasi zat terbang, sebaliknya menurunkan kadar karbon dan nilai kalori (Gambar 3.80).Briket dengan lem 10% terbakar paling lama karena penambahan lem pada briket dapat meningkatkan kadar air, abu dan volatil, tetapi menurunkan nilai kalor dan kandungan karbon. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan lem pati dapat menghasilkan kadar air dan abu yang rendah, tetapi kandungan zat terbangnya tetap tinggi, dan kandungan karbon dan nilai kalori rendah ditunjukkan pada Gambar 3.80 dan nilai kalori pada Gambar 3.81

Semakin tinggi abu kandungan, semakin rendah nilai kalor dan semakin tinggi kandungan zat terbang, semakin banyak asap yang dihasilkan saat menyalakan briket. Semakin banyak lem semakin menurunkan nilai kalor, karena lem memiliki sifat termoplastik dan sulit terbakar serta mengangkut banyak air, sehingga panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan air di dalam briket.

Bentuk penampakan partikel briket ada berbagai ukuran dan tekanan terlihat pada gambar di bawah ini.



Tekanan 25 kg/cm^3 Mesh 30

Gambar 3. 83. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran 30 mesh dan tekanan kompaksi 25 kg/cm^3



Tekanan 25 kg/cm³ Mesh 40

Gambar 3. 84. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran 40 mesh dan tekanan kompaksi 25 kg/cm³



Tekanan 25 kg/cm³ Mesh 60

Gambar 3. 85. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran 60 mesh dan tekanan kompaksi 25 kg/cm³



Tekanan 25 kg/cm³ Mesh Campuran

Gambar 3. 86. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran mesh campuran dan tekanan kompaksi 25 kg/cm³



Tekanan 50 kg/cm³ Mesh 30

Gambar 3. 87. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran mesh 30 dan tekanan kompaksi 50 kg/cm³



Tekanan 50 kg/cm³ Mesh 40

Gambar 3. 88. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran dan tekanan kompaksi 50 kg/cm³



Tekanan 50 kg/cm³ Mesh 60

Gambar 3. 89. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran dan tekanan kompaksi

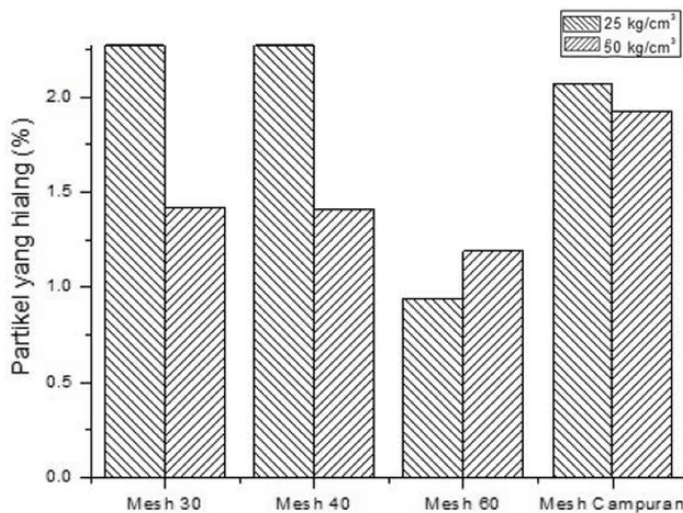


Tekanan 50 kg/cm³ Mesh Campuran

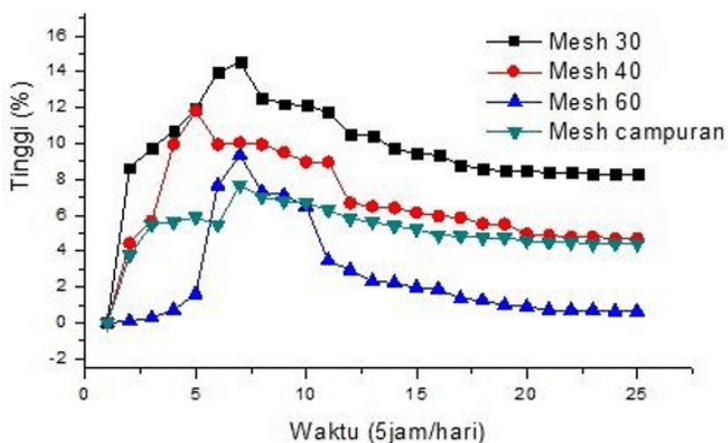
Gambar 3. 90. Bentuk penampang briket kayu jati pada berbagai ukuran dan tekanan kompaksi

Tujuan dari drop test adalah untuk mengetahui ketahanan atau kekuatan briket ketika terkena benda keras. Fungsi ini berguna selama pengemasan, distribusi dan penyimpanan briket.

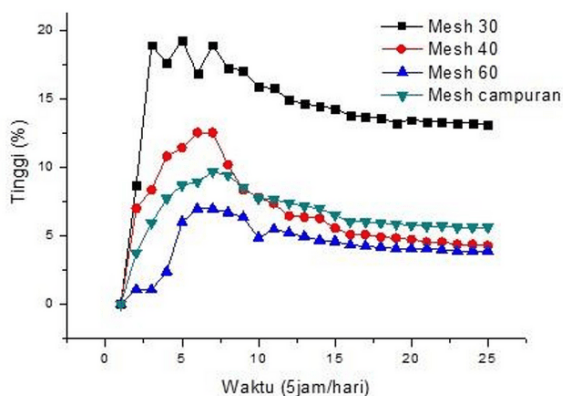
Tekanan yang meningkat dapat memperkuat briket jika partikelnya cukup besar, seperti 30 dan 40 mesh. Saat tekanan pemadatan meningkat, partikel dapat mengisi rongga ini, membuat partikel lebih padat dan ikat



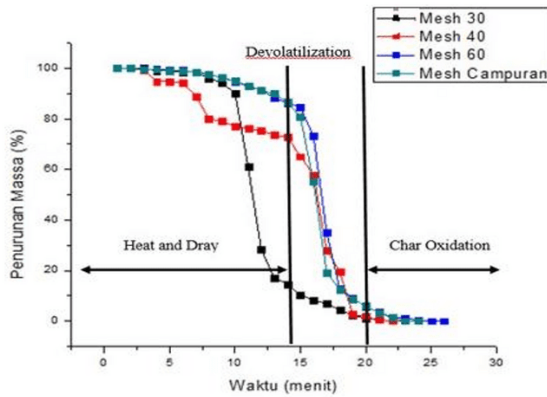
Gambar 3. 91. Nilai zat terbang/menguap pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi



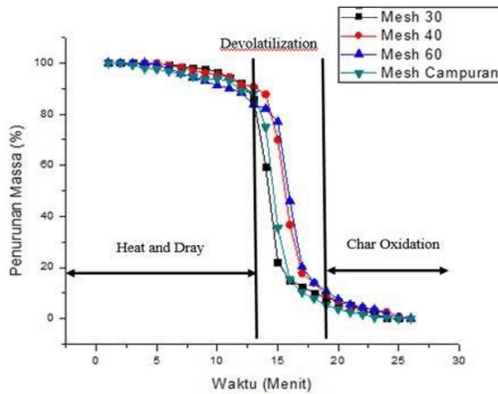
Gambar 3. 92. Nilai persentase ketahanan/stabilitas pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 25 kg/cm².



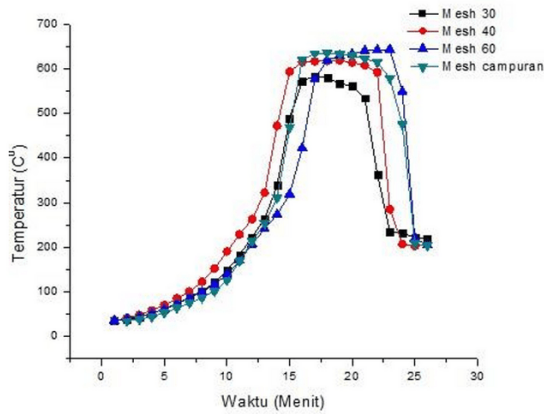
Gambar 3. 93. Nilai persentase ketahanan/stabilitas pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 50 kg/cm².



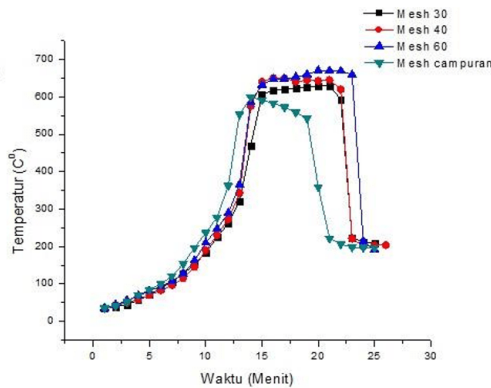
Gambar 3. 94. Nilai persentase ketangguhan/penurunan massa pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 25 kg/cm².



Gambar 3. 95. Nilai persentase ketangguhan/penurunan massa pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 50 kg/cm².



Gambar 3. 96. Nilai laju pembakaran pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 25 kg/cm² (Widayat 2019).



Gambar 3. 97. Nilai laju pembakaran pada briket kayu Jati pada berbagai ukuran partikel dan tekanan kompaksi 50 kg/cm² (Widayat 2019).

Waktu pembakaran setiap sampel briket meningkat seiring dengan perubahan ukuran mesh dan tekanan. Menurut penelitian waktu penyalaan briket ini dipengaruhi oleh nilai densitas briket, waktu pembakaran terlalu lama adalah untuk briket dengan nilai densitas tinggi, sedangkan briket

dengan nilai densitas rendah paling cepat terbakar. Telah terbukti bahwa ketika terkena fluktuasi tekanan, semakin tinggi tekanan, waktu pembakaran semakin lama, dan dalam kasus fluktuasi bersih, semakin kecil ukuran partikel bubuk kayu jati, semakin lama waktu pembakaran. Hal ini dikarenakan tidak lama lagi porositas briket akan mempengaruhi laju penurunan massa briket, semakin banyak rongga pada briket memungkinkan oksigen masuk ke dalam briket, sehingga semakin mudah mengalami proses pembakaran (Widayat 2019).

5. Briket Berbahan Limbah Serat Bambu

Adanya kenaikan harga dan berbagai dampak lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil, maka membuat produksi biofuel semakin meningkat. Produksi tersebut telah mencapai volume yang belum pernah terjadi sebelumnya selama 20 tahun terakhir. Selain itu, populasi dunia diperkirakan terus bertambah, dengan total populasi diperkirakan hampir sepuluh miliar pada pertengahan tahun 2050. Energi dianggap sebagai sumber daya utama masa depan dan memainkan peran penting dalam pembangunan sosial-ekonomi, karena energi yang terjangkau merupakan bagian kemajuan pembangunan Negara (Owusu and Asumadu-Sarkodie 2016). Karena penggundulan hutan merupakan masalah utama di banyak negara berkembang, permintaan kayu bakar untuk keperluan rumah tangga meningkat. Fenomena ini sebagian besar mempengaruhi masyarakat pedesaan terpencil yang tidak memiliki akses ke bahan bakar seperti bahan bakar gas cair (LPG) dan sangat bergantung pada pembakaran biomassa yang dipanen secara lokal (Liao, Tang, and Wei 2016). Permintaan bahan bakar seperti itu dapat ditutupi oleh biobriket, yang dapat menyediakan energi yang diperlukan dari bahan limbah karena biomassa diakui secara global sebagai sumber energi terbarukan dan berkelanjutan (Liu et al. 2016). Selain itu, residu pertanian baru-baru ini dianggap sebagai sumber

bahan bakar utama untuk banyak proyek bioenergi potensial di negara berkembang (Popp et al. 2014).



Gambar 3. 98. Pohon bambu(Anon 2023a)

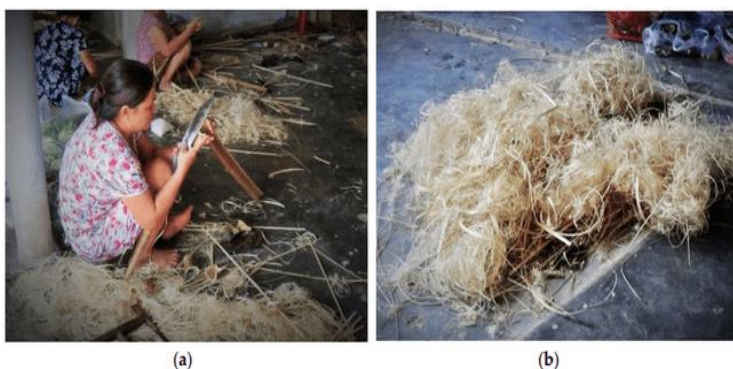
Saat ini, biomassa dianggap sebagai sumber energi utama dunia dan mencakup sekitar empat persen kebutuhan energi dunia. Ini mencakup setidaknya sepertiga dari konsumsi energi beberapa negara berkembang. Selain itu, pembakaran biomassa dapat dianggap netral CO₂ karena menghilangkan CO₂ dari atmosfer melalui fotosintesis selama produksi dan kemudian dilepaskan selama pembakaran (Werther et al. 2000); Namun, aspek ini dibantah oleh Cherubini et al., yang menganalisis emisi CO₂ dari pembakaran biomassa untuk bioenergi (Cherubini et al. 2011).

Tumbuhan bambu (Gambar 3.98) adalah spesies tumbuhan dengan pertumbuhan tercepat di Bumi (sekitar 91–122 cm per hari); dengan demikian, potensi yang signifikan untuk produksi biomassa herba ditunjukkan. Selain itu, subfamili Bambusoideae berisi 1100–1500 spesies bambu yang berbeda, dengan klasifikasi dan identifikasi yang rumit; sekitar 69 spesies alami dipantau di Vietnam saja (Ohrnberger 1999). Tanaman bambu umumnya menghasilkan limbah potongan batang bambu atau serat bambu (BF), sedangkan pengolahan tebu menghasilkan ampas tebu. Pemanfaatan residu tersebut tidak terjamin, dan

seringkali ditinggalkan sebagai limbah yang tidak berguna atau dibakar tanpa tujuan. Kadang-kadang, serat bambu digunakan sebagai pemantik api dan tujuan pembakaran.

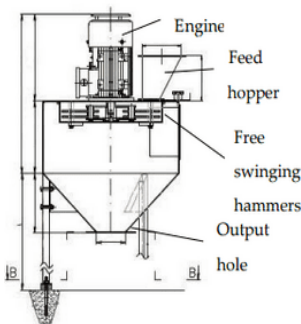
Salah satu teknologi pemanfaatan limbah pertanian adalah briket biomassa (Brand et al. 2017), yang melibatkan pemadatan biomassa melalui penggunaan tekanan (Zhang, Sun, and Xu 2018). Keuntungan dari pembuatan briket antara lain: peningkatan berat jenis bahan, sehingga lebih mudah untuk diangkut dan disimpan, kandungan energi per satuan volume yang lebih tinggi dan produksi bahan bakar produk yang homogen dari berbagai bahan baku (Brand et al. 2017). Oleh karena itu, seperti yang disimpulkan oleh Chen et al., biofuel padat yang dipadatkan (artinya bio-briket) bisa menjadi rute penting untuk pemanfaatan residu agro secara efisien (Chen, Xing, and Han 2009).

Metode pembuatan briket dari limbah bamboo ini dilakukan dengan terlebih dahulu menjemur batang bamboo sampai kering. Batang bambu sudah dijemur sebelum seratnya dipisahkan secara manual di pabrik pengolahan; dengan demikian, biomassa limbah akhir terjadi pada kondisi ideal untuk tujuan pembakaran (tingkat kadar air rendah); seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.99.



Gambar 3. 99. Proses bambu (a) pemisahan serat secara manual; (b) produk biomasa limbah bambu (Brunerová, Roubík, and Brožek 2018).

Kadar air awal yang tepat dari bahan limbah bambu tersebut tidak ditentukan karena fakta bahwa kegiatan penelitian utama dilakukan di daerah pedesaan tanpa peralatan pengukuran yang tepat. Selanjutnya, kedua bahan distabilkan dengan benar dan disimpan dalam kantong khusus yang tertutup rapat untuk didistribusikan di laboratorium. Setelah sampai pada laboratorium di tujuan target Praha, Republik Ceko, bahan disiapkan dengan tepat untuk pengukuran eksperimental selanjutnya; ukuran partikel dan kadar airnya dimodifikasi menjadi bentuk yang diinginkan. Terutama, bahan bambu tersebut dikeringkan selama 24 jam pada suhu 105 °C hingga kadar airnya konstan. Disintegrasi bahan baku juga dilakukan dengan menggunakan grinding hammer mill (Gambar 3.100)



(a)



(b)

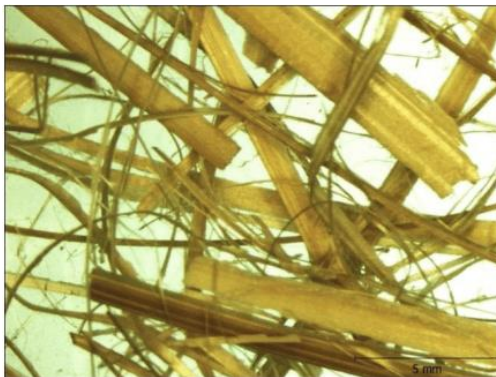
Gambar 3. 100. alat disintegrasi yang digunakan, hammer grinding mill: (a) skema; (b) dalam praktek (Brunerová et al. 2018).

Saringan dengan lubang berdiameter 8 mm digunakan untuk menyatukan fraksi kedua bahan baku yang hancur. Bentuk akhir dari sampel yang disiapkan dengan benar ditunjukkan pada Gambar 3.101. Pengukuran mikroskopis singkat dilakukan untuk menggambarkan ukuran partikel dan bentuk bahan yang diselidiki (skala pengukuran 5 mm). Mikroskop stereoskopis, Tipe 347 SZP 11-T Zoom (Praha,

Republik Ceko) digunakan untuk analisis gambar; gambar yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2.102



Gambar 3. 101. Bentuk sampel yang disiapkan untuk analisis kimia dan mekanik serat bambu(Brunerová et al. 2018).

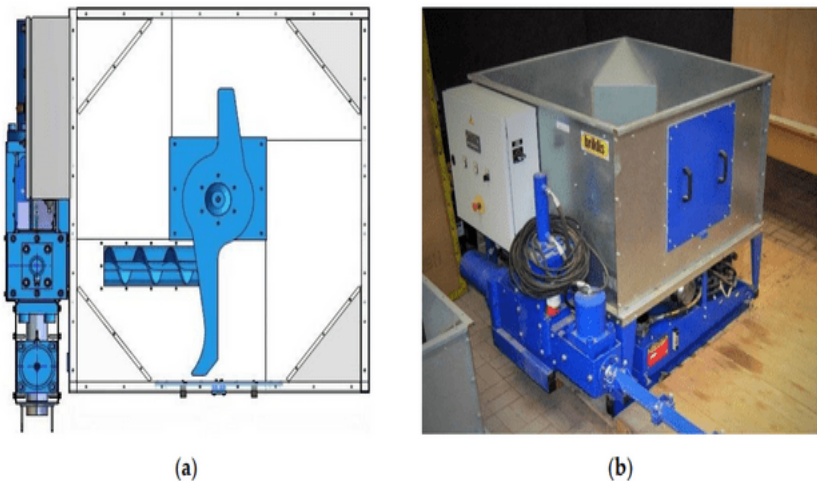


Gambar 3. 102. Analisis mikroskopis dari sampel yang diselidiki serat bambu(Brunerová et al. 2018).

Terlepas dari kenyataan bahwa bahan serat bambu yang diselidiki diwakili oleh lapisan atas batang tanaman (epidermis), variabilitas perilaku bahan selama disintegrasi dan ukuran partikel terdeteksi selama analisis mikroskopis (Gambar 3.102); variabilitas tersebut terkait dengan taksonomi tanaman olahan.

Ketika kesesuaian bahan yang diselidiki untuk proses pembakaran langsung terbukti, bahan tersebut digunakan sebagai bahan baku untuk produksi bahan bakar biobriket. Selanjutnya, sampel biobriket yang dihasilkan ditentukan kualitas mekaniknya yang diwakili oleh indikator-indikator berikut: bulk density (ρ), daya tahan mekanik (DU) dan gaya pecah (RF). Metode spesifik dari pengukuran eksperimental yang disebutkan dijelaskan dalam bagian berikut. Bagian ini dibagi menjadi empat bagian: Bagian pertama terkait dengan faktor produksi dari proses densifikasi dan seluruh proses produksi sampel biobriket. Tiga bagian yang tersisa menjelaskan pengujian kualitas sampel biobriket dan penentuan hasil indikator kualitas mekanik tertentu.

Seperti disebutkan sebelumnya, teknologi pembriketan tekanan tinggi digunakan untuk pemadatan dua jenis biomassa limbah herba yang berbeda: serat bambu dan kulit tebu. Yakni, mesin briket tekanan tinggi piston hidrolik laboratorium Briklis, TypeBrikStar 30-12 (Malšice, Republik Ceko), digunakan sebagai alat pengepres (gbr. 2.103)



Gambar 3. 103. Briklis press briket bertekanan tinggi: (a) skema; (b) dalam praktek(Brunerová et al. 2018).

Mesin press ini dioperasikan dengan pengaturan otomatis selama kompresi bahan baku dengan fokus khusus untuk memastikan tingkat kerapatan ρ yang sama dari semua sampel biobriket yang diproduksi. Namun, pengaturan seperti itu menghasilkan panjang produk akhir yang berbeda. Alat ini dilengkapi dengan ruang pengepresan dan matriks dengan diameter 50 mm, sehingga menghasilkan sampel biobriket (dinyatakan dalam Gambar 3.104) dengan diameter kurang lebih sama dengan 50 mm. Diperoleh sampel biobriket serat bambu sebesar Serat bambu dengan berat $79,68 \pm 20,71$ gr, tinggi sebesar $37,73 \pm 10,61$ mm, dan diameter sebesar $51,55 \pm 0,37$. Secara umum, dimensi bahan bakar biobriket mempengaruhi kualitas mekanik akhirnya. Dengan demikian, pemantauannya merupakan parameter produksi penting yang perlu diperhatikan.



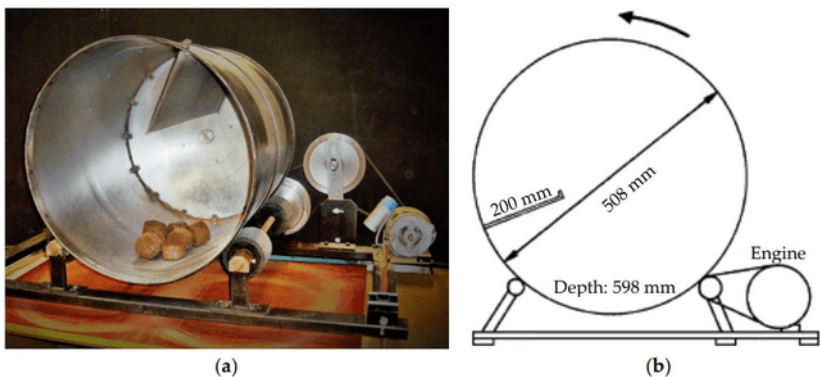
Gambar 3. 104. Sampel bahan bakar biobriket yang dihasilkan dari serat bamboo(Brunerová et al. 2018).

Indikator yang diselidiki pertama, densitas curah ρ , menggambarkan kualitas mekanis akhir dari sampel biobriket yang dihasilkan, serta kemampuan bahan baku yang diuji untuk dipadatkan. Dengan demikian, mengevaluasi efisiensi proses pemadatan dalam kasus bahan baku spesifik tersebut. Perhitungan bulk density sampel biobriket ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) menggunakan dimensinya yaitu volume V (m^3) dan massa m (kg), dan Persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

di mana ρ adalah kerapatan curah ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), V volume sampel biobriket (m^3) dan m massa sampel biobriket (kg).

Sampel biobriket yang dihasilkan menjadi sasaran terutama untuk penentuan daya tahan mekanik DU (%), yang merupakan indikator utama kualitas mekanik bahan bakar biobriket dan yang didefinisikan oleh standar EN ISO 17831-2 (2015): Biofuel padat. Penentuan daya tahan mekanik pelet dan briket Bagian 2: Briket. Standar ini menyatakan beberapa tingkat kualitas bahan bakar biobriket dan menetapkan tingkat terendah yang dapat diterima ($\text{DU} > 90\%$) untuk produksi bahan bakar biobriket komersial. Pengamatan dan pengukuran eksperimental dilakukan berulang kali menggunakan drum berputar anti debu khusus bertenaga listrik (Gambar 3.105) dengan partisi baja persegi panjang. Prinsip pengujian tersebut terdiri dari dampak yang diproyeksikan dari sampel biobriket yang diuji dalam drum yang berputar; dengan demikian, sampel membuktikan daya tahannya.



Gambar 3. 105. Peralatan yang digunakan untuk penentuan durabilitas mekanik: (a) dalam praktek; (b) skema (Brunerová et al. 2018).

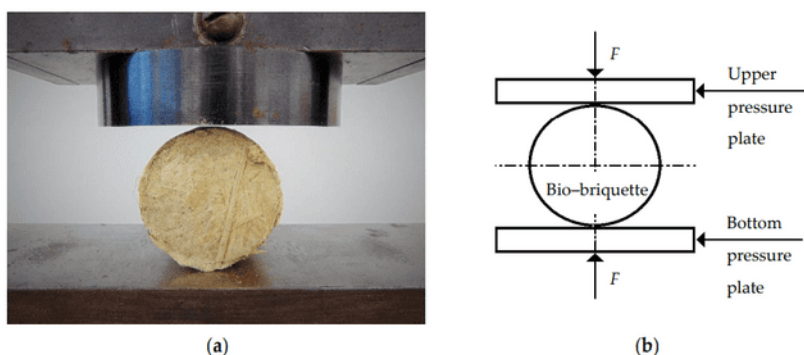
Dalam praktiknya, beberapa kelompok sampel biobriket dengan berat tertentu ($2 \pm 0,1$ kg) ditempatkan secara terpisah di dalam drum dan dikenai pengaruh terkontrol untuk waktu tertentu (4 menit 17 detik), yang sama dengan jumlah spesifik rotasi (105 ± 5 rotasi). Selanjutnya, sampel biobriket ditimbang sebelum dan sesudah pengujian tersebut, dan ketahanan akhir mereka ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$DU = \frac{m_a}{m_e} \times 100\%$$

dimana DU adalah daya tahan mekanik (%), m_e berat sampel sebelum pengujian (g) dan m_a berat sampel setelah pengujian (g).

Metodologi indikator kualitas mekanis yang terakhir diuji, (RF) gaya pecah, tidak sesuai dengan standar teknis wajib apa pun. Ini dikembangkan berdasarkan penelitian ilmiah sebelumnya yang berfokus pada teknologi pengepresan dan pengukuran sifat fisik dan mekanik barang pengepresan [36–38]. Metodologi yang disebutkan menentukan kekerasan sampel bio-briket yang diuji, sehingga mensimulasikan kemungkinan kerusakannya dalam praktik.

Prinsip pengukuran terletak pada uji pembebanan pelat (Gambar 3.106), yang dilakukan dengan menggunakan mesin hidrolik universal WPM, Tipe ZDM 5 (Leipzig, Jerman) dengan kecepatan pemuatan v sama dengan 20 mm min⁻¹. Pengukuran diakhiri ketika sampel biobriket mengalami disintegrasi akibat pengaruh pembebanan gaya; dengan demikian, gaya maksimal yang dimuat ke sampel sebelum disintegrasi dicatat. Jumlah sampel biobriket yang diuji sama dengan 64 sampel serat bambu.



Gambar 3. 106. Peralatan yang digunakan untuk penentuan gaya pecah RF: (a) dalam praktek; (b) pelat, prinsip uji pembebanan (gaya tekan F (N)) (Brunerová et al. 2018).

Data spesifik yang mengevaluasi efisiensi proses densifikasi diamati segera setelah produksi sampel biobriket. Dengan demikian, kerapatan ruahan r (kg m^{-3}) dinyatakan. Hasil dari indikator kualitas mekanik yang diselidiki pertama dicatat pada Tabel 3.34, bersama dengan hasil dari indikator yang diselidiki lainnya

Tabel 3. 35. Indikator kualitas mekanik dari sampel biobriket yang diselidiki ($\pm$ standar deviasi) (Brunerová et al. 2018).

Sample	ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	DU (%)	RF ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$)
Bamboo fiber	986.37 ± 181.18	97.80 ± 0.04	143.30 ± 1.70



Gambar 3. 107. Sampel bahan bakar biobriket serat bambu setelah pengujian daya tahan mekanik(Brunerová et al. 2018).

Seperti terlihat pada Gambar 3.107 , sampel biobriket yang diuji dalam kondisi sangat baik; hanya ujung-ujung tubuh mereka yang terkelupas. Hasil positif tersebut disebabkan oleh karakteristik struktur material yang mampu menciptakan ikatan yang kuat antar partikel. Hasil luar biasa tersebut sesuai dengan tingkat DU tertinggi yang dinyatakan oleh standar terkait (yaitu, $DU \geq 95 \%$).

Tingkat DU umumnya dipengaruhi oleh spesifikasi bahan baku yang dipres, tetapi juga terbukti pengaruh yang cukup besar dari tekanan pembentuk yang digunakan. DU jelas meningkat dengan meningkatnya tekanan pembentukan diterapkan dengan menekan pers briket ke dalam bahan baku . Menerapkan proses seperti itu dalam praktiknya dapat meningkatkan tingkat DU biobriket spesifik lainnya yang tidak sesuai.

Indikator terakhir yang dipantau adalah Gaya pecah RF, yang tidak ditentukan oleh standar wajib apa pun. Sampel biobriket bambu memiliki $RF = 143,30 \text{ N mm}^{-1}$.



Gambar 3. 108. Sampel bahan bakar biobriket setelah pengujian Gaya pecah serat bambu(Brunerová et al. 2018).

Serat sudah membuat ikatan yang kuat selama persiapan bahan baku. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bahan berserat memiliki potensi yang signifikan untuk produksi biobriket. Selain itu, evaluasi keseluruhan materi yang diuji terbukti memuaskan (Brunerová et al. 2018).

Dalam pengembangan teknologi briket berbahan limbah kayu, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah memastikan ketersediaan limbah kayu yang memadai dan berkualitas untuk diproses menjadi briket. Pemilihan jenis limbah kayu yang tepat dan pengaturan proporsi bahan juga menjadi faktor penting dalam mencapai kualitas briket yang diinginkan. Selain itu, perlu diperhatikan juga aspek keberlanjutan dalam penggunaan limbah kayu agar tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Berikut merupakan uraian secara rinci berbagai tantangan dalam pengembangan teknologi briket berbahan limbah kayu melibatkan beberapa aspek yang berikut:

- a) Keterbatasan Bahan Baku: Keterbatasan bahan baku limbah kayu yang tersedia dapat menjadi tantangan dalam pengembangan teknologi briket. Ketersediaan bahan baku yang cukup dan kualitas yang baik sangat penting dalam proses pembuatan briket

- b) **Kualitas Briket:** Kualitas briket yang dihasilkan juga dapat menjadi tantangan. Briket yang tidak memiliki nilai kalor yang tinggi atau tidak memiliki kekuatan yang cukup dapat menjadi masalah dalam penggunaan briket sebagai bahan bakar
- c) **Biaya Produksi:** Biaya produksi briket dapat menjadi tantangan. Biaya produksi yang tinggi dapat membuat briket tidak kompetitif dalam pasar
- d) **Teknologi Pengolahan:** Teknologi pengolahan limbah kayu yang efektif dan efisien juga dapat menjadi tantangan. Teknologi yang tidak efektif dapat membuat proses pengolahan limbah kayu menjadi tidak efisien dan biaya produksi menjadi tinggi
- e) **Pengelolaan Lingkungan:** Pengelolaan lingkungan juga dapat menjadi tantangan. Pengelolaan limbah kayu yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia
- f) **Pengembangan Teknologi:** Pengembangan teknologi briket berbahan limbah kayu juga dapat menjadi tantangan. Pengembangan teknologi yang tidak efektif dapat membuat briket tidak memiliki nilai kalor yang tinggi atau tidak memiliki kekuatan yang cukup

Dengan demikian, tantangan dalam pengembangan teknologi briket berbahan limbah kayu melibatkan beberapa aspek yang berikut: keterbatasan bahan baku, kualitas briket, biaya produksi, teknologi pengolahan, pengelolaan lingkungan, dan pengembangan teknologi. Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini secara efektif, pengembangan teknologi briket berbahan limbah kayu dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan dan berpotensi dalam mengurangi limbah serta memanfaatkan sumber energi alternatif.

BAB IV

BRIKET LIMBAH SEKAM PADI

Pada BAB ini diuraikan beberapa analisis eksperimental briket dari berbagai macam limbah sekam dan campuran bahan lain sebagai pilihan yang layak untuk bahan bakar biomassa padat. Proses pembuatan briket serta Karakteristik fisik-mekanis dan termal dibahas secara detail dalam bab ini.

1. Sekam Padi Dengan Tempurung Kelapa

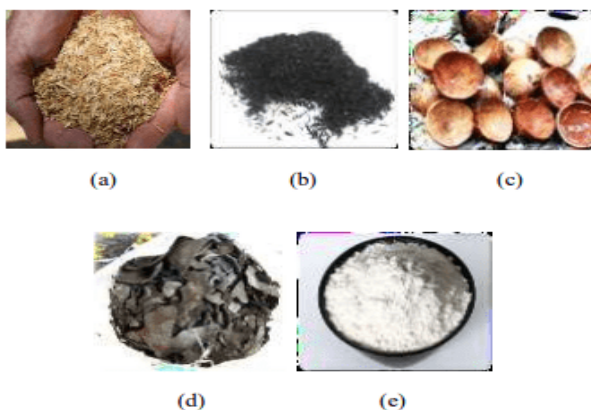
Potensi energi biomassa di Indonesia sangat besar, yaitu 13.662 MWe, sedangkan kapasitas terpasangnya hanya 1.364 MWe². Salah satu bahan biomassa yang paling prospektif di Indonesia adalah sekam padi yang merupakan limbah pertanian yang selama ini dibuang sebagai sampah. Produksi padi di Indonesia pada tahun 2015 diperkirakan mencapai 75,55 juta ton GKG (Gabah Kering Giling) meningkat sebesar 4,70 juta ton (6,64%) dibandingkan dengan tahun 2014 (Kubo and Purevdorj 2004). Mengolah sekam padi menjadi bio-briket merupakan salah satu cara pengemasan sekam padi yang efektif. Briket arang sekam padi dapat menyimpan energi panas rata-rata sebesar 4384,043 kal/g Peningkatan kandungan energi briket arang sekam padi dapat dilakukan dengan menambahkan jenis biomassa lain yang memiliki nilai kalor yang tinggi (Yuliah et al. 2017).

Yuliah dkk. (Yuliah et al. 2017) mencoba membuat briket dengan bahan dasar sekam padi dengan penambahan arang karbon tempurung kelapa. Perekat yang digunakan yaitu perekat tepung tapioka. Bahan dasar pembuatan briketnya bias dilihat pada gambar 4.1.

Proses persiapan bahan dilakukan terutama untuk mendapatkan pencampuran sekam padi dan arang tempurung kelapa dengan komposisi tertentu yang siap

dicetak. Sebelum membuat arang Sebelum dibuat arang, sekam padi dikeringkan selama 10-15 jam, disangrai hingga berwarna gelap lalu didinginkan. Arang tempurung kelapa tempurung kelapa yang digunakan berasal dari pasar. Proses selanjutnya adalah pengecilan ukuran, arang sekam padi dihaluskan dengan menggunakan blender sedangkan arang tempurung kelapa dengan cara ditumbuk. Secara terpisah kedua arang tersebut. Langkah selanjutnya arang tersebut disaring dengan menggunakan saringan berukuran 120 mesh.

Adonan setiap briket dibuat dari 80 g komposisi arang dan 60ml air dan bahan perekat sesuai dengan tingkat persentasenya. Bahan perekat disiapkan terlebih dahulu dengan mencampurkan tapioka dengan air di dalam wajan dan kemudian dipanaskan di atas kompor hingga menggumpal. Arang kemudian dituang di atas adonan dan diaduk hingga rata. Adonan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan cetakan silinder berdiameter 2 cm dan kemudian dipres menggunakan alat pres hidrolik dengan daya 3 ton dengan kekuatan 3 ton (21 kali ayunan).



Gambar 4. 1. bahan dasar yang digunakan (a) Sekam padi; (b) Arang sekam padi; (c) Tempurung kelapa; (d) Arang tempurung kelapa; (e) Tepung tapioka (Yuliah et al. 2017).

Langkah terakhir adalah proses pengeringan untuk mengurangi kadar air briket. briket sehingga mudah menyala saat dibakar. Semua briket yang telah dicetak dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C selama satu hari. Briket yang sudah jadi seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Briket campuran sekam padi dengan arang tempurung kelapa.

Hasil evaluasi penelitian Yuliah dkk., menyatakan besarnya kandungan karbon terikat terhadap variasi kadar kanji. Terlihat bahwa semakin besar kadar kanji, maka semakin kecil kadar karbon terikat yang terkandung dalam briket. Hal ini disebabkan karena semakin besar kadar kanji, maka kadar air akan semakin tinggi. Kadar karbon akan rendah jika kadar zat mudah menguap dan kadar air meningkat. Salah satu cirinya adalah, briket yang baik memiliki nilai fixed carbon yang tinggi, karena senyawa karbon inilah yang akan menghasilkan panas ketika dibakar(Yuliah et al. 2017).

Jika dibandingkan antara briket dengan komposisi sekam padi dan arang tempurung 80:20 dengan perbandingan komposisi 50:50, komposisi briket 50:50

memiliki komposisi carbon yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh kadar abu dan kadar zat terbang yang rendah. Keberadaan karbon terikat pada briket arang dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan kadar zat menguap. Kadar karbon terikat tinggi pada saat nilai kadar abu dan kadar zat menguap pada briket arang rendah. Hasil sampel dengan komposisi sekam padi: arang tempurung kelapa 50%:50% mempunyai nilai kadar pati sebesar 6%, kadar air 7,63%, kadar abu 20,21% , kadar zat terbang 23,12% dan kadar karbon tetap sebesar 49,04% (Yuliah et al. 2017).

2. Sekam Padi Dengan Limbah Bonggol Jagung

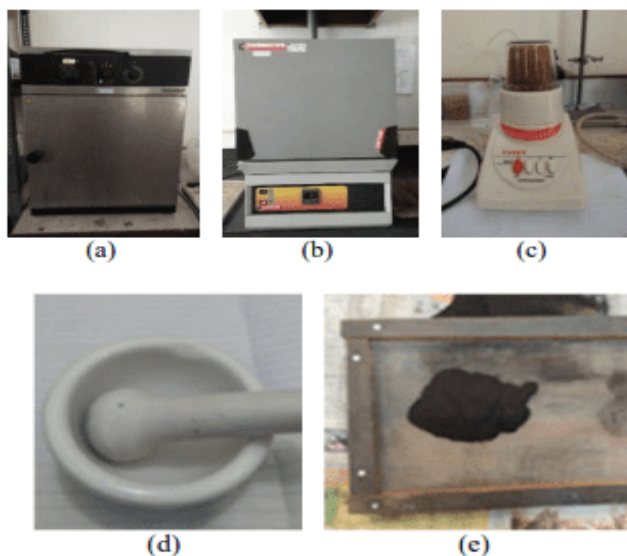
Untuk menghidupkan kembali petani di sawah, kami mendorong mengedukasi petani untuk menggunakan tongkol jagung dan sekam padi mereka, dan membiarkan produk lain seperti jerami padi dan bagian jagung lainnya untuk pakan ternak - sebagai kesempatan lain untuk meningkatkan produktivitas dan pendapatan sementara menjaga kebersihan lingkungan, dan membantu orang lain dengan menciptakan lapangan kerja. Jagung merupakan tanaman sereal penting kedua terbesar setelah beras, dan Jawa Timur mendukung sekitar 33% produksi di Indonesia dan bersama dengan Jawa Tengah menyumbang 50% dari kebutuhan nasional. Jika produksi dapat dipertahankan di atas lahan yang berkurang, uang impor dapat digunakan untuk memperkuat petani lokal dan masyarakat dalam upaya keberlanjutan produk mereka. Dengan meningkatkan produktivitas padi dan jagung di wilayah tersebut secara bersamaan, maka pendapatan petani kelompok ekonomi akan meningkat. Semakin banyak masyarakat yang memproduksi briket maka semakin banyak masyarakat yang membutuhkan sekam padi dan tongkol jagung, serta semakin banyak produksi padi dan jagung yang akan mendukung keberlanjutan produksi (Nurhayati, Hariadi, and Hasanah 2016).

Mengkonversi sekam padi ini sebagai bahan sisa menjadi bahan bakar sebagai biobriket dapat membuat bahan ini lebih menguntungkan secara ekonomis. Bahan utama biomassa adalah berbagai bahan kimia (molekul) yang sebagian besar mengandung atom karbon (C). Saat biomassa dibakar, karbon akan terlepas ke udara dalam bentuk Karbon Dioksida (CO_2). Pembakaran sekam padi memiliki netralitas emisi karbon, di mana karbon emisi dihasilkan dalam proses pembakaran yang seimbang dengan karbon yang diserap kembali pada penanaman berikutnya. Oleh karena itu, tidak hanya mengarah pada kelestarian lingkungan dan ekonomi, tetapi juga jangka panjang stabilitas sosial politik yang berkelanjutan. Kendala pemanfaatan sekam padi sebagai bahan bakar adalah nilai kalor yang relatif rendah, beberapa peneliti menemukan bahwa nilai kalor sekam padi sekitar 3,22 -3,35 kal/g, oleh karena itu perlu perlakuan lebih lanjut untuk meningkatkan nilai kalor. Beberapa karakteristik biomassa dipelajari untuk membuat diperlukan perencanaan dan perlakuan dalam penggunaannya sebagai bahan baku bioenergi. Sifat-sifat tersebut meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan karbon tetap sebagai kandungan utama dari bahan ikutan energi pembakaran biomassa.

Biomassa limbah tongkol jagung merupakan sumber energi alternatif yang melimpah, dengan kandungan energi yang relatif besar. Biomassa bila diolah dengan perlakuan khusus menjadi bahan bakar padat yang lebih banyak digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Salah satu metode yang efektif untuk mengubah bahan baku padat menjadi bentuk padat yang lebih mudah digunakan adalah metode briket

Penelitian Suryaningsih dkk. mencoba terobosan membuat briket dengan menggunakan bahan dasar sekam padi dengan penambahan Arang bonggol jagung. Tepung tapioka sebagai bahan tambahan digunakan sebagai bahan perekat untuk tujuan pencetakan. Beberapa peralatan yang digunakan dalam pembuatan briket diantaranya Alat utama

terdiri dari heater, tanur oven, blender sebagai penghancur, mortar manual, mesh filter 120, pencetakan briket dan kompresi (gambar 4.2.).



Gambar 4. 3. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan briket (a) pemanas; (b) furnace; (c) blender; (d) mortar penggerus; (e) penyaring mesh 120

Penyiapan bahan dilakukan terutama pada sekam padi dan bonggol jagung dengan cara dikeringkan menggunakan heater selama 10-15 jam untuk mengurangi kadar air, Selanjutnya proses reduksi partikel masing-masing bahan baku dengan menggunakan blender. Pencacahan dilakukan guna mendapatkan ukuran partikel yang seragam. Kemudian diayak dengan menggunakan penyaring dengan mesh 120. Selanjutnya dilakukan proses karbonisasi menggunakan tungku oven dalam kondisi oksigen terbatas selama 1,5 jam pada suhu yang berbeda 250°C, 300 °C dan 350 °C untuk setiap sampel. Perbandingan yang digunakan untuk membuat

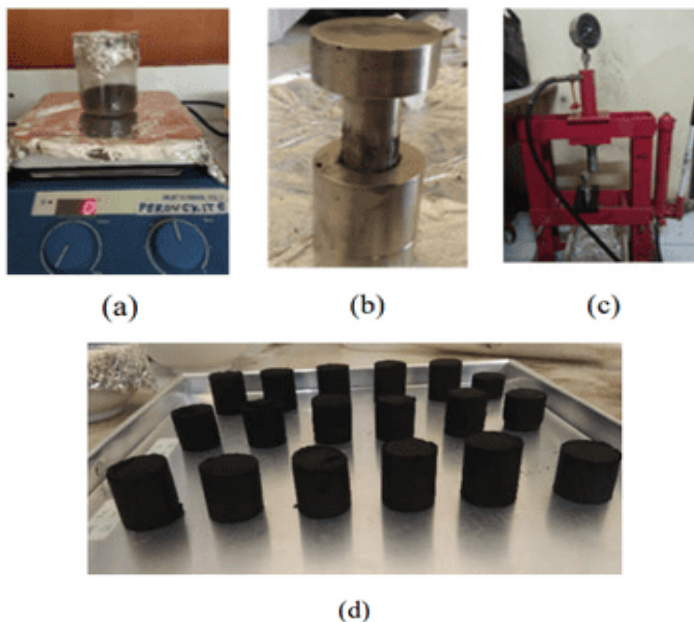
sampel biobriket yaitu 50:50 (Suryaningsih and Nurhilal 2018).

Tepung tapioka ditambahkan sekitar 8% massa untuk setiap komposisi. Bahan perekat ini tadinya disiapkan terlebih dahulu dengan cara mencampur tepung tapioka dengan air di dalam panci lalu panaskan di atas kompor hingga itu menggumpal. Tepung tapioka dipilih dan digunakan sebagai bahan perekat karena sifatnya yang mudah terbakar dan menghasilkan panas yang tinggi. Campuran arang biomassa dan perekat pati diaduk hingga homogen menggunakan magnet pengaduk (gambar 4.3a). Adonan tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan silinder blok (gambar 3.3b), lalu ditekan menggunakan alat kompresi hidrolik dengan kekuatan beban 40 kg (gambar 4.3c). Gambar 2d menunjukkan sampel biobriket kering. Idealnya bio briket dijemur di bawah sinar matahari selama 1 sampai 2 minggu, kecuali untuk percobaan bio briket didehidrasi dalam oven pada suhu 55°C selama hampir 24 jam. Proses pengeringan ini Hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada briket sehingga memudahkan proses pembakaran (Suryaningsih and Nurhilal 2018).

Penelitian ini menunjukkan adanya penambahan bahan bonggol jagung pada bahan dasar sekam padi dapat meningkatkan nilai kalor briket sekam padi secara signifikan. Ini karena kalori bonggol jagung lebih tinggi dari sekam padi. Nilai dari setiap penambahan bahan bongol jagung akan meningkatkan nilai kalor keseluruhan briket sekam padi. Nilai kalor yang diperoleh yaitu sebesar 4,560 cal/gr. Pada proses fabrikasi seperti homogenitas adonan saat diaduk, tekanan saat mencetak dan penambahan bahan perekat akan berpengaruh seluruh kualitas briket pembakaran (Suryaningsih and Nurhilal 2018).

Energi untuk bahan bakar merupakan salah satu masalah terbesar masyarakat. Karena minyak tanah sudah tidak ada lagi di pedesaan dan bahan bakar gas cair (LPG) semakin mahal dan terkadang sulit ditemukan, mereka lebih

banyak menggunakan bahan bakar substitusi untuk industri kecil seperti kayu dan tongkol jagung mentah dan sekam padi. Selama musim hujan, kayu menjadi sulit ditemukan dan lebih mahal serta lebih mengurangi pengembaliannya.



Gambar 4. 4. (a) pengaduk magnet, (b) blok cetakan silinder, (c) bio-briket kompresi hidrolik, (d) sampel biobriket kering

Mengumpulkan kayu dan tongkol jagung dan sekam padi selama masa panen juga menyebabkan banyak ruang untuk digunakan. Peningkatan energi untuk bahan bakar semakin diperjuangkan oleh industri kecil untuk mempertahankan break event point (BEP) yang mengancam industri mereka dan pekerja. Penggunaan briket sebagai bahan bakar industri kecil dan rumah tangga tidak hanya menyediakan energi, tetapi juga mempertahankan pekerjaan masyarakat di industri juga untuk pekerjaan petani. Produksi padi di wilayah Jawa Timur memiliki posisi unik bagi petani sebagai sumber karbohidrat prioritas pertama, tempat kerja

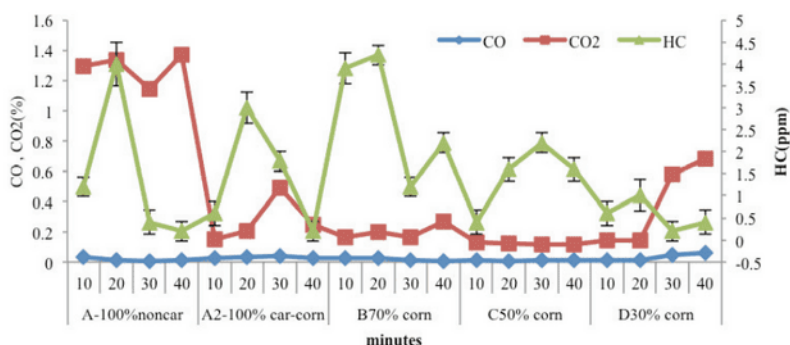
keluarga (laki-laki dan istri) dan pekerjaan perempuan pada saat tanam dan setelah panen. Menjaga kesinambungan produksi beras adalah mengurangi impor dan menjaga lapangan kerja petani dan perempuan. Hanya dengan manajemen pertanian dan kebijakan petani, mereka akan melakukan sisanya untuk menjaga keberlangsungan padi dan menjaga pekerjaan mereka.



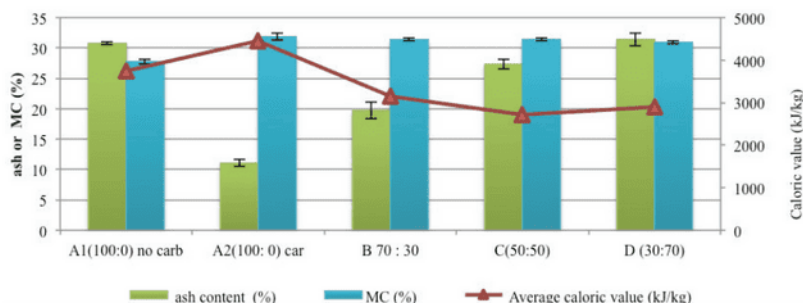
Gambar 4. 5. Limbah tongkol jagung

Sementara peningkatan kemakmuran rakyat di negara-negara berkembang sangat mendesak, upaya harus dilakukan dengan mengurangi dampak dan risiko bagi masyarakat dengan menjunjung kelestarian planet ini, sebagai konsekuensinya, petani harus mengambil langkah lebih lanjut dengan menggunakan lebih banyak lahan yang tersedia di sekitarnya. dan menyaingi tanaman mereka dengan lahan tujuan lain karena keterbatasan tanah pertanian yang layak. Artinya, petani harus lebih berjuang dalam memenuhi keberlanjutan produksi dengan tetap menjaga target ekonomi. Sebuah penelitian diupayakan untuk mencari aplikasi yang layak untuk mencapai keberlanjutan pertanian dan mengenali hambatan terbesar petani dan masyarakat seperti energi, dengan mengubah limbah pertanian seperti tongkol jagung dan sekam padi menjadi biobriket.

Tongkol jagung dikumpulkan dari mil jagung dan sekam padi dikumpulkan dari penggilingan padi. Tongkol jagung diayak untuk mendapatkan porsi yang rata dan dikeringkan. Di sini kami menggunakan ketinggian 10 cm untuk memenuhi kebutuhan industri kecil. Kombinasi tongkol jagung dengan sekam padi dibuat karbonisasi tongkol jagung dan sekam padi untuk membuat perbandingan perbandingan tongkol jagung: sekam padi B (70%:30%), C (50% :50%) dan D (30% : 70%), dan briket tongkol jagung A2 (100%), dibandingkan dengan briket homogen 100% tongkol jagung (A1) non karbonisasi dan A2 (100%) karbonisasi. Pati singkong ditambahkan sebagai perekat. Ketiga kombinasi briket (B, C, D) tersebut ditargetkan dan harus terlihat pembuatannya dan pengurangan biaya pada proses pembuatan briket. Pengukur piston untuk memampatkan biomassa dari lima briket di setiap pemadatan digunakan. Untuk tujuan statistik kami mereplikasi empat kali dalam setiap komposisi 20 briket total setiap perlakuan. Dalam penelitian briket sekam padi 100% tidak dibuat untuk mendorong peningkatan produksi jagung dan mendorong penggunaan kombinasi tongkol jagung dan beras, dan produksi pangan berkelanjutan dengan rute yang berbeda pada panen tahunan, dan kondisi yang layak bagi petani. Berdasarkan wawancara dengan petani desa Patemon pada Agustus 2015, hasil tanam jagung lebih besar dibandingkan padi pada luasan yang sama. Mengingat RC jagung lebih besar dari beras dan BEP lebih kecil, maka briket yang dibuat adalah kombinasi tongkol jagung dan sekam padi. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pendapatan petani sekaligus mendukung keberlanjutan produktivitas, sehingga hanya tongkol jagung yang digunakan untuk tanaman jagung dan menyisakan daun dan pucuknya sebagai bahan baku (Nurhayati et al. 2016).



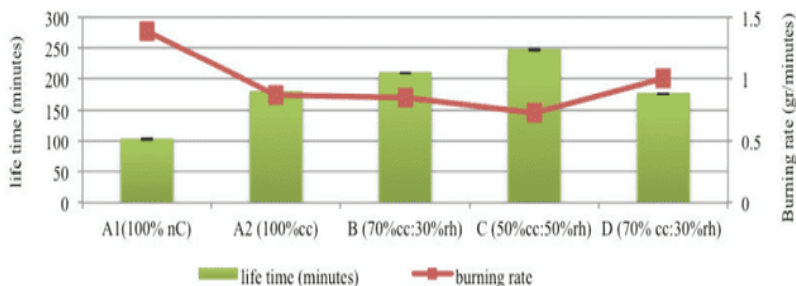
Gambar 4. 6. CO, CO2 dan HC yang dipancarkan dari pembakaran conrcob dan briket sekam padi



Gambar 4. 7. Karakteristik briket pada komposisi tongkol jagung dan sekam padi yang berbeda, A1(100% tongkol jagung non karbonisasi), A2(100% tongkol jagung karbonisasi, B (70% tongkol jagung karbonisasi dan 30% sekam padi), C(50% tongkol jagung :50 % sekam padi), D (30% tongkol jagung : 70% sekam padi), (a) kadar abu dan kadar air dan (b) nilai kalori rata-rata.

Karakteristik utama briket untuk bahan bakar harus memenuhi kelestarian lingkungan, dan briket tongkol jagung dan sekam padi cukup bersih, dan berada di bawah batas yang diizinkan peraturan menteri energi dan sumber daya alam no 47, 2006 (Permen ESDM no 47, 2006). Tingkat emisi karbon monoksida (CO) jauh di bawah 7,26%. CO yang dipancarkan dari pembakaran briket anak jagung dan sekam

padi dari semua komposisi ditemukan lebih rendah dalam kisaran antara 0,004% sampai 0,058% diukur dari 10-40 menit (gambar 4.5). Semakin tinggi CO₂ yang dikeluarkan oleh briket karbonisasi 1,372%, dan briket tongkol jagung 50%, hasilnya berada di bawah ambang batas Kementerian Kesehatan Indonesia (Permenkes No 1077, 2011) untuk pekerjaan di dalam ruangan sebesar 10%. Hasil ini menunjukkan bahwa briket berada di bawah batas yang diperbolehkan (Nurhayati et al. 2016). Briket yang dihasilkan memiliki kandungan karbondioksida batubara yang lebih rendah dibandingkan dengan Pilusa et al. (2013). Kadar abu berkisar antara 11,06 ±0,52)% sampai (31,41 ±1,11)% (Gambar 4.6) sebanding dengan Pilusa et al. 2013 yang memiliki kadar abu sebesar 28,4%(Pilusa, Huberts, and Muzenda 2013).



Gambar 4. 8. Waktu pembakaran briket (menit) dan laju pembakaran (gram/menit)

Peningkatan komposisi sekam padi pada briket telah meningkatkan kadar abu rata-rata (Gambar 3.6). Proses karbonisasi telah menurunkan kadar abu dari 30% BB yang tidak terkarbonisasi menjadi 10%, dan briket dengan komposisi 70% sekam padi yang terkarbonisasi memiliki kadar abu yang hampir sama dengan 100% tongkol jagung yang tidak terkarbonisasi. Padahal hasil penelitian kami menunjukkan bahwa sekam padi 100% memiliki kadar abu paling besar dibandingkan dengan campuran sekam padi dan

arang kayu, hal tersebut berpengaruh terhadap penurunan kadar abu biobriket (Nurhayati et al. 2016).

Semua pengukuran didasarkan pada kadar air antara 27,75% dan 31,85% yang dikeringkan secara alami di bawah sinar matahari. Semakin tinggi MC tidak dapat diterima di pasar komersial, perlu teknik pengeringan tanpa banyak biaya untuk mengurangi waktu atau membutuhkan waktu lebih lama di bawah sinar matahari. Nilai kalori briket yang lebih kecil (Gambar 3.6) dibandingkan dengan briket eco fuel sebesar 18,9 MJ/kg, atau batu bara sebesar 25,9 MJ/kg dibandingkan dengan 2,7MJ/kg dan 4,4MJ/kg dari 50% tongkol jagung dengan 50% sekam dan 100% karbonisasi tongkol jagung. Briket sekam dengan kandungan tongkol jagung 70% dan sekam padi 30% memiliki nilai kalori rata-rata ($3,158 \pm 1,519$) MJ/kg. Nilai kalori briket tongkol jagung lebih kecil dari standar nasional Indonesia sebesar 5600 kkal/kg atau sekitar 23,43MJ/kg atau tongkol jagung hanya memiliki 1061,78 kkal/kg jauh di bawah 5600 kkal/kg(Nurhayati et al. 2016).

Terlihat bahwa semua briket tongkol jagung memiliki suhu yang stabil selama waktu pembakaran 10 menit sampai 60 menit (Gambar 4.7). Suhu yang dicapai sekitar 500 °C. Temperatur sangat cocok untuk industri skala kecil seperti industri kerupuk (Gambar 1b). Untuk briket tongkol jagung 100% non karbonisasi suhu yang dicapai juga cocok untuk industri kecil, namun memiliki suhu terendah pada 10 menit pertama, sedangkan untuk briket tongkol jagung a-100% karbonisasi lebih stabil selama pembakaran 60 menit. Ternyata briket jagung homogen lebih baik pada suhu yang dicapai daripada gabungan briket tongkol jagung dari sekam padi dan anak jagung. Dari segi suhu yang dicapai, untuk industri makanan yaitu kerupuk, ini akan menjadi pengganti kayu yang baik sebagai bahan bakar memasak.

Penambahan tongkol jagung pada sekam padi, dapat meningkatkan nilai kalori briket sekam padi. Nilai kalori briket sekam padi dan tongkol jagung dapat ditingkatkan

dengan penambahan kayu bekas, dan limbah kayu. Terlihat bahwa umur briket tunggal sekitar 150-200 menit, cocok untuk memasak rumah tangga, sedangkan untuk industri dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Petani juga bisa membuat briket untuk produksi briket (Nurhayati et al. 2016).

Penelitian yang telah dilakukan ini akan bermanfaat dalam membuka peluang bagi para petani dengan menghasilkan uang dari mengubah limbah menjadi energi, meningkatkan nilai tambah produk pertanian sehingga meningkatkan pendapatan tahunan. Pendapatan yang lebih baik akan memicu petani untuk menanam padi dan jagung serta mengurangi ketergantungan impor. Untuk perbaikan yang berkelanjutan, perlunya seluruh rangkaian penelitian teknologi terapan serta pemantauan biofisik untuk mendorong lebih banyak petani untuk menanam jagung dan padi. Penekanan langsung harus diberikan pada peningkatan potensi produktivitas varietas padi dan pengurangan kendala yang membatasi efektivitas pertumbuhan inovasi.



Gambar 4. 9. Proses Pengepresan briket dengan tangan untuk menghasilkan briket , warna api briket mula-mula merah berubah menjadi biru.

Kendala produktivitas yang dihadapi petani adalah rendahnya harga gabah saat panen dan musim hujan, kurangnya modal petani yang diperlukan untuk skema pendapatan, mendorong petani menjual hasil panen untuk menambah modal kembali, dan tidak menjual sebelum panen. Peningkatan kebijakan pemerintah dalam melindungi petani dan produk petani seperti membeli produk petani daripada impor, dan memperbaiki sistem transaksi(Nurhayati et al. 2016).

Penelitian lain tentang biobriket bersumber dari imbah tongkol jagung juga dilakukan oleh Mandra dkk. Tujuan dari penelitian Mandra dkk antara lain yaitu untuk mengetahui pengaruh tekanan pemadatan dan kekasaran partikel arang bio terhadap karakteristik briket arang bio dari limbah dari tongkol jagung. Hal yang dikaji dalam penelitiannya antara lain seperti berat jenis, nilai kadar abu, kadar air, karbon tetap, zat terbang, nilai kalor, waktu penyalaan, dan laju nyala. Metode pembuatan briket yang digunakan dalam penelitiannya yaitu adalah metode pemadatan tekanan. Perekat yang digunakan yaitu pengikat berbahan tepung sagu lokal. Cara pembuatan briket dengan metode ini sangat sederhana dan mudah diterapkan pada masyarakat pedesaan. Sehingga harapannya yaitu dapat menjadi solusi alternatif pemanfaatan limbah tongkol jagung yang kurang bermanfaat menjadi suatu produk yang bermanfaat dan bernilai guna meningkatkan nilai ekonomi suatu masyarakat.



Gambar 4. 10. Briket berbahan bonggol limbah arang bonggol jagung

Prosedur kerja yang dipaparkan oleh Mandra dkk. Yaitu dengan menyiapkan bahan bakunya yakni tongkol jagung yang dikumpulkan dari limbah pertanian di wilayah setempat. Metodenya yakni sebagai berikut : Arang tongkol jagung diperoleh dari hasil arang yang dihaluskan secara manual hingga menghasilkan bubuk arang. Tongkol jagung terpilih dimasukkan ke dalam wadah pembuat arang yang diatur sedemikian rupa hingga hampir penuh, drum ditutup rapat kemudian api dinyalakan melalui lubang ventilasi di dasar tabung hingga mencapai suhu 250°C, proses pembakaran berlanjut hingga semua bahan habis terbakar. Setelah didinginkan, arang yang dihasilkan dipisahkan dari abu yang tersisa untuk diproses lebih lanjut. Arang yang telah dihancurkan diayak dengan ukuran saringan 40 sampai 60 mesh. Pembuatan briketnya dengan menggunakan berbagai variasi yakni variasi tekanan yang diberikan dan komposisi bahan baku dengan perekatnya.

Alat pemadatan menggunakan dongkrak hidrolik untuk menekan briket. Analisis proksimat merupakan prosedur analisis standar yang mencoba mengkuantifikasi beberapa karakteristik briket biomassa yang mempengaruhi karakteristik pembakarannya. Analisis yang dilakukan dengan bantuan kalorimeter bom dijelaskan dan penjelasan singkat tentang masing-masing komponen ini, bagaimana masing-masing ditemukan dalam briket biomassa dan signifikansinya dalam pembakaran briket diberikan. Variasi tekanan dan ukuran partikel briket memberikan pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik kualitas pembakaran briket.

3. Sekam Padi Dengan Limbah Kubis

Limbah kubis melimpah karena umur simpannya yang pendek, sehingga cepat terurai dan mengandung sekitar 18,80 persen serat, sehingga kandungan selulosa alami ini dapat diolah menjadi produk yang bernilai jual tinggi, seperti briket, yang dapat dimanfaatkan antara lain yakni sebagai

sumber energi alternative (gambar 4.10) . Selain itu, limbah sekam padi dengan kadar air dan abu yang relatif rendah dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan nilai kalor dalam pembuatan briket biochar. Sekam padi memiliki nilai kalori yang tinggi, sekitar 4000 kkal/kg. Sementara Indonesia menghasilkan sekitar 6,5 juta ton limbah beras per tahun, limbah ini menyumbang sekitar 26 triliun kkal per tahun (Siswanto 2018).



Gambar 4. 11. Bahan baku briket, Kubis dan sekam padi(Pramana and Nanik 2022).

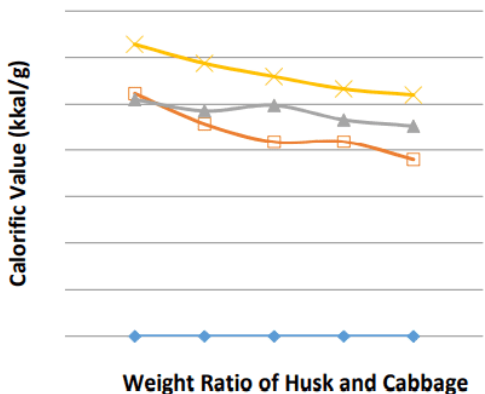
Variabel yang digunakan adalah: tanaman kubis, tepung arang ukuran 40 mesh, suhu pengeringan 110 C, dan waktu pengeringan (kol 6 jam, sekam padi 30 menit, biobriket 3 jam). Suhu karbonisasi kubis adalah 275 derajat Celcius, dan waktu karbonisasi kubis adalah 30 menit, 450 ° C, karbonisasi sekam padi 120 menit, tekanan tekan 100 bar, bentuk briket silinder (tinggi 2 cm, diameter 1 inci), 10 -gram tepung tapioka, 75 mL air, suhu air 100°C Sedangkan variabel perubahannya adalah variasi komposisi sekam padi dan kubis yaitu 40%:60%, 50%:50%, 60%:40%, 70% :30%, dan 80%:20%, serta cara pemberian minyak sawit pada briket yaitu cara (1) minyak dicampur dengan bahan terlebih dahulu dan cara (2) briket yang sudah dicetak direndam dalam minyak. Bahanyang digunakan antara lain Air, kubis, sekam padi, dan tapioka adalah Sementara itu, alat yang digunakan antara lain berikut adalah alat press, ayakan 40 mesh, cetakan briket, tungku, dan oven.



Gambar 4. 12. Pengujian Laju Pembakaran pada Biobriket (Pramana and Nanik 2022).

Penelitian Siswanto 2018(Siswanto 2018), memiliki beberapa analisa yang dilakukan antara lain yakni tingkat pembakaran serta waktu pembakaran, dan pengujian nilai kalor. Laju pembakaran adalah pengujian dimana briket dibakar untuk menentukan panjang nyala bahan bakar, setelah itu massa briket ditimbang terlebih dahulu dikurangi massa briket yang dibakar. Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu penyalaan dan timbangan digital digunakan untuk menimbang briket. Grafik di bawah menunjukkan laju pembakaran biobriket untuk masing-masing dari sampel. Dari pengujian laju pembakaran diperoleh laju pembakaran tertinggi yaitu dari komposisi 80% sekam padi dan 20% kol dengan metode pemberian minyak campuran yaitu 0,0814 g/menit. Karena diketahui dari data bahwa biobriket semua sampel mudah terbakar, maka tidak ada ketentuan dalam SNI yang menstandarkan laju pembakaran biobriket. Selain itu, pembakaran dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan pada pembuatannya. Berdasar pengujiannya menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi kubis yang ditambahkan, semakin rendah laju pembakarannya. Sebaliknya, penambahan sekam

padi meningkatkan laju pembakaran. Ini karena kubis mengandung lebih banyak karbon daripada nasi. Semakin rendah laju pembakaran, semakin tinggi kandungan karbon bahan baku. Semakin rendah pembakaran, maka kualitas briket semakin tinggi, yang berarti briket membutuhkan waktu lama untuk terbakar(Pramana and Nanik 2022).



Gambar 4. 13. Pengujian nilai kalor(Pramana and Nanik 2022).

Pengujian seanjutnya yaitu nilai kalor, Nilai kalor sangat berpengaruh terhadap kualitas briket arang. Semakin tinggi nilai kalor briket arang maka semakin tinggi kualitas briket arang yang dihasilkan. Gambar 3.10 menggambarkan pengujian nilai kalor biobriket dari masing-masing sampel. Gambar 3.12 menunjukkan komposisi sekam padi 40% dan kol 60% dengan metode celup minyak menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu 6,283 kkal/gram. Komposisi sekam padi 80 persen dan kol 20 persen dengan metode penambahan minyak sawit campuran memiliki nilai kalor paling rendah yaitu 4.532 kkal/gram. Hal ini karena kandungan karbon kubis lebih tinggi dibandingkan dengan sekam padi.

Pada penelitian Pramana dkk dapat disimpulkan bahwa penambahan minyak sawit dengan berbagai metode dan variasi komposisi bahan dari arang sekam padi hingga arang kubis berpengaruh terhadap kualitas biobriket. Rasio

pencampuran biobriket terbaik menghasilkan nilai kalor tertinggi, yaitu terdapat pada campuran arang sekam padi 40% dan arang kubis 60% dengan menggunakan minyak sawit dengan metode pencelupan, dengan nilai kalor 6,283 kcal/g, a laju pembakaran 0,0616 g/menit. Menurut temuan penelitian ini, biobriket yang terbuat dari 40% arang sekam padi dan 60% arang kubis dengan metode penambahan minyak sawit dengan pencelupan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai kalor dan memenuhi standar SNI untuk biobriket (SNI01-6235-2000)(Pramana and Nanik 2022).

4. Sekam Padi Dengan Lumpur Pabrik Kelapa Sawit

Peningkatan pertumbuhan populasi, urbanisasi yang cepat, tingkat kemakmuran yang meningkat, dan kelangkaan sumber daya, limbah menjadi energy telah unggul sebagai pilihan teknologi berkelanjutan yang menarik untuk mendorong pertumbuhan rendah karbon di antara teknologi energi terbarukan lainnya. Secara khusus, biomassa semakin mendapat perhatian sebagai sumber energi terbarukan yang dapat berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca serta keamanan pasokan. Biomassa dengan potensi energi tinggi termasuk residu pertanian seperti jerami, ampas tebu, sekam kopi, dan sekam padi serta residu dari kegiatan yang berhubungan dengan hutan seperti serpihan kayu, serbuk gergaji, dan kulit kayu.

Di negara berkembang, sumber utama biomassa adalah pertanian yang menghasilkan sejumlah besar limbah dan residu pascapanen. Meskipun sejumlah besar residu pertanian yang dihasilkan, tercatat bahwa tingkat pemanfaatannya saat ini sebagai bahan bakar rendah karena kepadatannya yang rendah mengakibatkan biaya transportasi yang tinggi, ketersediaan lokal bahan bakar lain yang murah dan nyaman, dan kurangnya informasi yang memadai mengenai teknologi pemanfaatan bahan bakar biomassa. Pembakaran langsung biomassa untuk memasak di

atas api terbuka yang merupakan praktik umum di masyarakat pedesaan sangat tidak efisien karena hanya mentransfer 5–10% energi bahan bakar ke panci masak. Salah satu cara pemanfaatan limbah dan residu biomassa adalah pelletisasi atau briketisasi menjadi bahan bakar padat yang disebut pelet dan briket. Bahan bakar padat adalah sumber bahan bakar alternatif yang penting untuk sektor pedesaan dan semi-perkotaan.

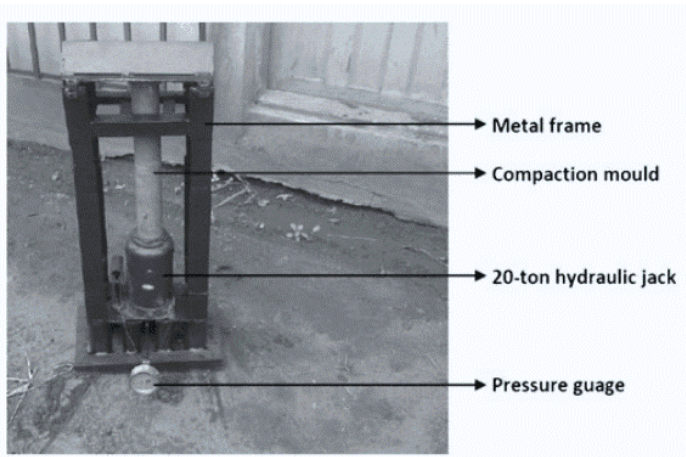
Briket adalah proses densifikasi dimana densitas bahan biomassa dapat ditingkatkan hingga sekitar 1000-1200 kg/m³ biomassa lepas, dan volumenya dikurangi 8-10 kali. Proses pembuatan briket dapat diklasifikasikan menjadi briket dengan atau tanpa bahan pengikat tergantung dari bahan pengikat yang digunakan atau tidak. Juga, tergantung pada besarnya tekanan pemadatan yang diterapkan, ada proses pembriketan bertekanan rendah dan tinggi. Produksi briket dari residu hutan dan agro mencontohkan potensi teknologi yang tepat untuk pemanfaatan residu biomassa untuk penggunaan energi di negara berkembang. Untuk keperluan pemanasan, praktik terkini mencakup pembriketan berbagai campuran biomassa dari pertanian dan industri makanan, atau kombinasi berbagai jenis bahan limbah yang berasal dari tanaman dengan bahan tambahan lainnya. Seperti yang telah diamati dalam beberapa penelitian, beberapa biomassa dalam campuran yang dipadatkan berperan sebagai pengikat alami dan membuat briket yang dihasilkan lebih tahan lama. Salah satu biomassa tersebut adalah Palm Oil Mill Sludge (POMS) yang merupakan limbah yang dihasilkan selama pengolahan buah sawit untuk produksi minyak sawit.

Pada bagian ini diberikan informasi tentang potensi penggunaan lumpur pabrik kelapa sawit (POMS) sebagai bahan pencampur dalam produksi briket sekam padi yang berkelanjutan. POMS merupakan bio-waste yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit selama pengolahan buah sawit untuk produksi minyak sawit sedangkan sekam padi

merupakan residu pengolahan yang diperoleh selama proses pengolahan padi. Biomassa ini sudah tersedia terutama di daerah penghasil tanaman pertanian di sebagian besar negara maju dan berkembang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh pencampuran sludge pabrik kelapa sawit dengan sekam padi terhadap sifat fisik dan pembakaran campuran briket yang dihasilkan. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah (i) untuk menghasilkan briket yang dipadatkan dari campuran POMS dan sekam padi dengan perbandingan 1:10, 1:5, 3:10, 2:5, 1:2, 3:5, 7:10, 4:5, 9:10, dan 1:1; (ii) menentukan dan membandingkan sifat fisik dan sifat pembakaran campuran briket; dan (iii) menentukan kualitas rasio campuran untuk sampel biomassa. Sifat fisik dan pembakaran yang diselidiki meliputi kadar air, kerapatan terkompresi dan santai, rasio relaksasi, peringkat daya tahan, tahan air, bahan mudah menguap, kadar abu, karbon tetap, nilai kalor, dan komposisi unsur berikut = karbon, hidrogen, dan oksigen.

Material yang digunakan meliputi sekam padi, bio-residu dari pengolahan beras, diperoleh dari penggilingan padi. Sedangkan lumpur pabrik kelapa sawit (POMS) yang merupakan bio-limbah yang dihasilkan selama ekstraksi kelapa sawit minyak dari buah sawit diperoleh dari pabrik minyak. Residu dicampur secara menyeluruh pada rasio yang berbeda sampai campuran seragam terbentuk dan kemudian dimasukkan ke dalam mesin briket untuk pemadatan. POMS dalam campuran berfungsi sebagai pengikat alami untuk briket; dengan demikian tidak ada bahan tambahan yang ditambahkan ke dalam campuran sebagai pengikat. Sebelum produksi briket, sifat residu hayati (sekam padi dan POMS) ditentukan dan dilaporkan di bagian hasil dan pembahasan makalah ini.

Proses pembriketan dilakukan pada laboratorium dengan peralatan yang terstandarisasi. Peralatan pemadatan laboratorium yang digunakan bias dilihat pada gambar 3.13

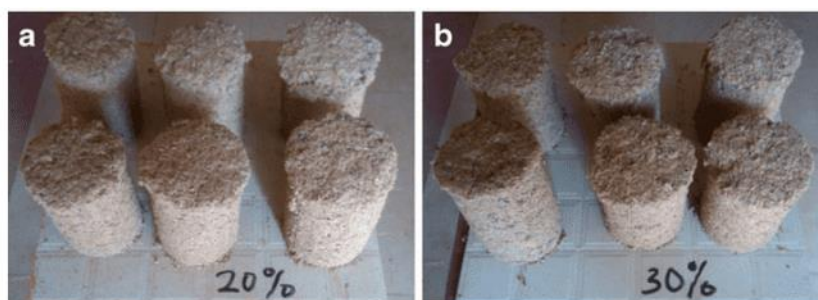


Gambar 4. 14. Kompaksi pematat briket

Alat pemadatan terdiri dari dongkrak hidrolik seberat 20 ton, rangka besi, pengukur tekanan, cetakan silinder plastik, dan kayu berbentuk lingkaran sebagai kepala piston. Dimensi cetakan yang digunakan berdiameter 6 cm dan tinggi 23 cm, sedangkan kepala piston berdiameter 5,5 cm dan tebal 2 cm. Tekanan pemadatan ($14,72 \pm 0,05 \text{ kg/cm}^2$) dan volume air per kilogram campuran biomassa yang digunakan untuk pencampuran ($2234,67 \text{ cm}^3$) semuanya dijaga konstan pada setiap rasio pencampuran untuk mendapatkan hasil yang berarti untuk perbandingan sifat briket. Volume air yang digunakan dianggap tepat karena peningkatan penambahan air dalam campuran menghasilkan campuran berlumpur yang sulit dipadatkan menggunakan peralatan pemadatan laboratorium. Juga, pengurangan volume air menghasilkan briket yang hancur saat dikeluarkan dari cetakan.

Pembuatan briket dilakukan dengan mencampurkan POMS dengan sampel sekam padi dengan perbandingan yang berbeda yaitu 1:10, 1:5, 3:10, 2:5, 1:2, 3:5, 7:10, 4:5, 9:10, dan 1:1. Sampel biomassa dicampur dengan melarutkan sejumlah POMS yang diukur dalam volume air tertentu dan secara bertahap menambahkan campuran cair air dan POMS ke dalam sekam padi yang diukur. Sampel sekam padi dicampur

dengan tangan karena cairan ditambahkan secara bertahap dengan interval memastikan pencampuran yang merata dan menyeluruh. Penting untuk terlebih dahulu melarutkan POMS dalam air karena memastikan penetrasi yang mudah melalui sebagian besar sekam padi sebagai lawan dari mencoba menambahkan POMS ke dalam sekam padi dan kemudian mencampurnya sambil menambahkan air. Dalam pengaduk otomatis, direkomendasikan agar POMS dilarutkan dalam air dan dituangkan ke dalam pengaduk bersama dengan sekam padi sebelum diaduk.



Gambar 4. 15. Contoh sampel briket yang sudah jadi, (a) Briket dengan rasio pencampuran 1:5; (b) briket dengan rasio pencampuran 3:10

Campuran biomassa, setelah pencampuran, dimasukkan ke dalam cetakan pemadatan untuk menghasilkan briket. Waktu tinggal 10 menit diperbolehkan untuk konsolidasi biomassa dalam cetakan untuk menghindari efek pegas dari biomassa terkompresi. Pada pengeluaran briket dari cetakan, massa dan dimensi briket diambil untuk menentukan kerapatan dengan menggunakan timbangan timbangan digital yang mempunyai ketelitian sampai dengan 0,01 g dan kaliper digital SKOLE mengukur dengan ketelitian sebesar 0,001 mm setelah itu dijemur (gambar 4.14).

Tabel 4. 1. Sifat fisik campuran briket sekam padi dengan limbah lumpur kelapa sawit (POMS)

POMS to rice husk blending ratio	Compressed density (kg/m ³)	Relaxed density (kg/m ³)	Relaxation ratio	Durability rating (%)	Water resistance (h)
1:10	799.89 ± 2.01a	333.46 ± 10.28a	2.40 ± 0.07a	76.19 ± 1.53a	6.23 ± 0.02a
1:5	856.65 ± 3.18b	343.08 ± 3.31a	2.50 ± 0.03b	91.18 ± 2.03b	8.23 ± 0.01b
3:10	903.53 ± 5.54c	397.51 ± 7.30b	2.27 ± 0.06c	93.54 ± 1.03b,c	10.64 ± 0.01c
2:5	942.71 ± 8.43d	432.68 ± 4.18c	2.18 ± 0.03d	94.21 ± 2.49c	13.42 ± 0.01d
1:2	947.93 ± 4.84d	451.09 ± 13.75d	2.10 ± 0.05d	95.61 ± 2.68c	16.41 ± 0.01e
3:5	964.52 ± 6.17e	485.18 ± 8.96c	1.99 ± 0.05e	98.61 ± 1.57d	19.24 ± 0.01f
7:10	1009.45 ± 4.79f	465.84 ± 5.32d	2.17 ± 0.03d	99.16 ± 1.02d	23.01 ± 0.02 g
4:5	1015.88 ± 3.51f	487.95 ± 16.61e	2.08 ± 0.08d,e	99.17 ± 0.05d	24.05 ± 0.01 h
9:10	986.54 ± 13.11g	494.05 ± 12.47e	2.00 ± 0.08e	99.22 ± 0.10d	24.77 ± 0.02i
1:1	1044.93 ± 7.22h	498.55 ± 3.92e	2.10 ± 0.01d	99.61 ± 0.20d	25.24 ± 0.01j

Tabel 4. 2. Sifat pembakaran campuran briket sekam padi dengan limbah lumpur kelapa sawit (POMS)

POMS to rice husk blending ratio	MC (% w.b.)	Volatile matter (%)	Ash content (%)	Fixed carbon (%)	Heating value (MJ/kg)
1:10	6.21 ± 0.07a	68.66 ± 0.37a	19.39 ± 0.05a	11.95 ± 0.41a	13.45 ± 0.23a
1:5	6.66 ± 0.05b	69.11 ± 0.74a	19.17 ± 0.16b	11.73 ± 0.84a	14.36 ± 0.28b
3:10	7.17 ± 0.05c	71.45 ± 0.87b	18.86 ± 0.10c	9.69 ± 0.84b,c	15.94 ± 0.39c
2:5	9.25 ± 0.04d	72.25 ± 1.15b,c	19.43 ± 0.05a	8.32 ± 1.19b,d	16.42 ± 0.37c
1:2	9.54 ± 0.05e	72.40 ± 0.95b,c	16.10 ± 0.05d	11.49 ± 0.97a	17.41 ± 0.32d
3:5	8.44 ± 0.05f	72.86 ± 0.52c,d	17.08 ± 0.05c	10.07 ± 0.57c	18.10 ± 0.11e
7:10	9.77 ± 0.04 g	73.75 ± 0.40d,e	16.78 ± 0.04f	9.47 ± 0.39b,c,d	19.48 ± 0.19f
4:5	8.56 ± 0.05 h	74.84 ± 0.47e,f	16.67 ± 0.33f	8.49 ± 0.77b,d	20.30 ± 0.29g
9:10	9.34 ± 0.04i	75.75 ± 0.26f,g	16.10 ± 0.05d	8.15 ± 0.31d	20.60 ± 0.38g
1:1	10.42 ± 0.02j	76.23 ± 0.47g	15.13 ± 0.09g	8.64 ± 0.51b,d	21.68 ± 0.31h

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan penambahan lumpur pabrik kelapa sawit pada sampel sekam padi berpengaruh nyata terhadap sifat fisik dan sifat pembakaran briket yang dihasilkan (tabel 4.1). Nilai rata-rata yang dicatat untuk kerapatan terkompresi dan santai, peringkat daya tahan, dan ketahanan air semuanya diamati meningkat sementara rasio relaksasi menurun. Kadar air, zat terbang, nilai kalor, dan komposisi unsur campuran briket sekam padi-POMS juga meningkat sedangkan karbon tetap dan kadar abu menurun. Rasio pencampuran 1:1 menghadirkan kualitas terbaik dalam kisaran rasio pencampuran yang dipertimbangkan.

Sifat fisik briket dengan rasio pencampuran 1:1 adalah berat jenis tekan (1044,93 kg/m³), berat jenis lepas (498,55 kg/m³), rasio relaksasi (2,10), tingkat daya tahan (99,61 %), dan tahan air. (25,24 jam). Sifat pembakarannya adalah kadar air (10,42 % w.b.), bahan mudah menguap (76,23 %), kadar abu (15,13%), karbon tetap (8,64 %), nilai kalor (21,68 MJ/kg), karbon (40,19%), hidrogen (5,18 %), kandungan oksigen (38,91 %), sulfur (0,39 wt%), dan nitrogen (1,61wt%).

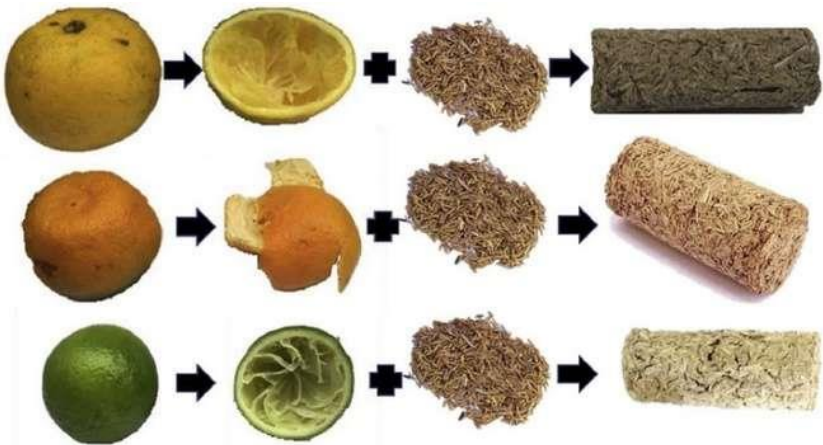
Tabel 4. 3. Sifat pembakaran campuran briket sekam padi dengan limbah lumpur kelapa sawit (POMS)

POMS to rice husk blending ratio	Carbon (%)	Hydrogen (%)	Oxygen (%)	Sulfur (wt%)	Nitrogen (wt%)
1:10	38.85 ± 0.09a	4.88 ± 0.00a	36.31 ± 0.05a	0.20a	1.42a
1:5	38.91 ± 0.21a	4.89 ± 0.01b	36.46 ± 0.10a	0.21a	1.43a
3:10	38.68 ± 0.15a	4.93 ± 0.01c	36.96 ± 0.16b	0.23b	1.45b
2:5	38.18 ± 0.24b	4.91 ± 0.01d	36.92 ± 0.18b	0.23b	1.47c
1:2	40.26 ± 0.19c	5.09 ± 0.01e	37.96 ± 0.16c	0.25c	1.51d
3:5	39.56 ± 0.13d	5.04 ± 0.00f	37.74 ± 0.08d	0.28d	1.50d
7:10	39.59 ± 0.06d	5.06 ± 0.01g	37.98 ± 0.08c	0.29e	1.54e
4:5	39.46 ± 0.28d	5.08 ± 0.01e	38.21 ± 0.05e	0.33f	1.57f
9:10	39.66 ± 0.08d	5.12 ± 0.00h	38.53 ± 0.03f	0.36g	1.58f
1:1	40.19 ± 0.12c	5.18 ± 0.00i	38.91 ± 0.07g	0.39h	1.61g

Fokus tujuan dari penelitian Obi dkk ini yaitu menyelidiki pengaruh pencampuran lumpur pabrik kelapa sawit (POMS) dan sekam padi pada rasio yang berbeda terhadap sifat fisik dan pembakaran briket yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan penambahan sludge pabrik kelapa sawit dalam sekam padi untuk produksi briket berpengaruh nyata ($p < 0,05$) baik sifat fisik maupun sifat pembakaran briket. Kepadatan terkompresi dan santai, peringkat daya tahan, dan ketahanan air briket meningkat dengan meningkatnya rasio pencampuran sementara rasio relaksasi menurun. Kadar air, zat terbang, nilai kalor, kandungan C, H, O, S, dan N semuanya ditemukan meningkat dengan meningkatnya rasio pencampuran sedangkan karbon tetap dan kadar abu

menurun. Atas dasar kerapatan terkompresi dan nilai kalor, briket yang dihasilkan pada rasio pencampuran 1:1 menyajikan kualitas tertinggi dalam kisaran rasio pencampuran yang dipertimbangkan dalam penelitian ini. Briket diproduksi dengan rasio pencampuran 1:1 dibandingkan dengan briket yang diproduksi dari biomassa lain dan bahan pengikat organik seperti torrefied oat, willow dan serasah unggas, briket arang serbuk gergaji, briket kulit almond, dan briket tongkol jagung (Obi and Okongwu 2016).

5. Sekam Padi Dengan Limbah Kulit Jeruk



Gambar 3.15 Beberapa variasi briket sekam padi ditambah dengan berbagai jenis kulit jeruk.

Limbah agroindustri adalah salah satu sumber biomassa yang paling melimpah dan dapat diakses untuk dikonversi menjadi biofuel padat, tetapi bioenergi berkelanjutan harus dibuat sangat efisien. Buah jeruk adalah buah tropis dan subtropis yang dianggap paling banyak dibudidayakan di dunia, mengingat buah jeruk sebagai buah yang paling banyak dikonsumsi. Limbah kulit buah jeruk telah muncul sebagai sumber daya yang sangat potensial

untuk digunakan sebagai bahan baku, mengingat melimpah jumlahnya (Magnago et al. 2020).

Biofuel padat untuk memulihkan energi, layak disoroti, jika dikaitkan dengan penggunaan sebagai bahan baku berkelanjutan untuk ekonomi pertanian sirkular (Serra et al. 2017), yang bertujuan untuk mengoptimalkan sistem pangan, energi, dan air yang berkelanjutan (Barros et al. 2020). Jalur energi bio yang berkelanjutan harus dipilih berdasarkan efisiensi yang tinggi; Dalam konteks ini, tujuan dari penelitian (Magnago et al. 2020) ini adalah, pertama, untuk mengembangkan briket sekam jeruk dan sekam padi dengan densifikasi manual untuk keperluan rumah tangga; kedua, untuk mengidentifikasi briket berkualitas energi tinggi berdasarkan berbagai sekam jeruk (jeruk, mandarin dan lemon) yang dikombinasikan dengan sekam padi; ketiga, menyelidiki dampak penambahan biomassa dari penanaman organik dan penanaman konvensional terhadap komposisi abu mineral dari abu tersebut.

Pada penelitian (Magnago et al. 2020) dievaluasi tinggi rendahnya nilai kalor briket yang dihasilkan dari kulit jeruk (jeruk pir, jeruk ponkan, jeruk tahiti), beras dan ubi kuning, baik dari budidaya konvensional maupun organik. Untuk ini, kerapatan semu, kadar air dan abu total dari dua belas komposisi ditentukan. Kekuatan tekan dan kerapatan asap juga diidentifikasi. Gambaran rangkaian pembuatan briket bias dilihat pada gambar 4.15.

Beberapa bahan yang digunakan dalam membuat briket dengan penambahan kulit jeruk yaitu Biomassa sekam padi (*Oryza sativa*), kulit Jeruk orange (*Citrus sinensis*), Kulit jeruk mandarin (*Citrus reticulate*), Kulit jeruk lemon (*Citrus latifolia*) dan kulit kentang kuning kupas. Semua bahan yang disebutkan kemudian digiling dan digunakan untuk produksi briket. Varietas yang dipilih dihasilkan dari berbagai wilayah penghasil padi, baik secara konvensional atau secara organik. Buah jeruk dihasilkan juga dari pertanian yang ditanam secara konvensional yang bisa juga diperoleh dari beli di

Supermarket dan buah yang ditanam organik. Lima spesimen dari setiap komposisi diproduksi untuk semua pengujian. Untuk persiapan sampel, kulit kentang giling dicampur secara manual dalam 100 mL air suling. Campuran kemudian dipanaskan sampai suhu 90 °C selama kurang lebih 10 menit. Setelah proses ini, campuran menyajikan aspek yang mirip dengan gel, dan sekam padi dan kulit jeruk (jeruk orange, jeruk mandarin dan lemon) ditambahkan.

Campuran tersebut ditempatkan dalam cetakan PCV dengan tinggi 10 cm dan diameter 5 cm dan dikompresi dengan tekanan 100 Pa selama kurang lebih 1 menit. Sampel dikeringkan dalam oven selama 48 jam pada suhu 105 °C. Setelah proses ini, sampel dibongkar secara manual. Briket yang dihasilkan bias dilihat pada gambar 4.15 Untuk setiap pengujian, lima sampel dari setiap komposisi disiapkan, sesuai dengan Tabel 3.4, di mana kulit jeruk dari budidaya konvensional dan organik digunakan.

Kepadatan atau densitas yang terlihat dari spesimen pada Tabel 3.4 diperkirakan sebagai massa per satuan volume sampel, yang diukur dengan caliper dan neraca semi-analitik. Penyimpangan standar individu digunakan untuk menghitung interval kepercayaan 95% dan untuk menghasilkan plot probabilitas kepadatan atau densitas. Uji mekanis dilakukan dengan kompresi dengan sel beban atau gaya sebesar 5 kN dalam peralatan uji universal. Pada pengujian ini, lima benda uji berbentuk silinder (tinggi 10 cm dan diameter 4,5 cm) dikenai tekanan yang dinaikkan hingga terjadi deformasi plastis pada suhu ruang.

Tabel 4. 4. Kuantitas biomassa jeruk konvensional dan organik yang digunakan untuk produksi briket

Specimen	100 ml. of distilled water				
	Potato peel (g)	Orange peel (g)	Ponkan peel (g)	Lemon peel (g)	Rice husk (g)
1 and 1org	100	50	–	–	10
2 and 2org	75	50	–	–	10
3 and 3org	100	–	50	–	10
4 and 4org	75	–	50	–	10
5 and 5org	100	–	–	50	10
6 and 6org	75	–	–	50	10

Penentuan kadar air dan kadar abu dilakukan sesuai dengan International Organization for Standardization (ISO, 2017, ISO, 2015c). Untuk menghitung nilai kalor lebih tinggi dan lebih rendah, menurut United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), nilai kalor lebih tinggi (HHV) diukur dalam MJ/kg, menggunakan kadar abu (A) dan kadar air (M) dari briket menurut Persamaan.

$$HHV = 20,0 \times (1 - A - M)$$

Untuk menghitung nilai kalor terendah (LHV) dalam MJ/kg, kadar abu (A) dan kadar air (M) dipertimbangkan, menurut Persamaan.

$$LHV = 18,7 \times (1 - A) - 21,2 \times M$$

Pada penelitian Magnago 2020 ini diidentifikasi juga unsur-unsur penyusun abunya. Seperti Silica, Nitrogen dan mineral lainnya. Sampel silika ditentukan dari 1 g abu yang dilarutkan dalam 50 mL air suling dan 1 mL HCl, dan diaduk selama 1 jam pada suhu 90 °C. Setelah dingin, campuran disaring dengan vakum. Kemudian, 50 mL larutan NaOH 1,5 mol/L ditambahkan ke dalam campuran sambil terus diaduk selama 1 jam pada suhu 90 °C. Sekali lagi, campuran itu disaring vakum. Karena campuran tersaring yang dihasilkan dengan Na_2SiO_3 masih basa, larutan HCl 0,1 mol/L ditambahkan secara perlahan sampai campuran menjadi netral. Untuk menghilangkan natrium klorida, gel dicuci berulang kali dengan air suling dan gel yang dihasilkan dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C dan ditimbang

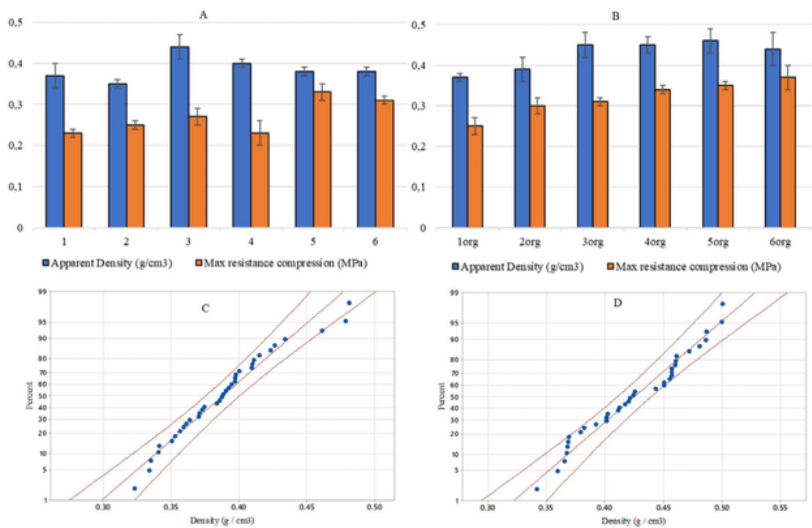
(Shen 2017). Penentuan proporsi N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb, Cr dan Al dalam sampel dilakukan dengan destruksi nitro perklorat, dan kuantifikasi selanjutnya adalah dilakukan oleh penyerapan api atom spektrometri (FAAS) dalam peralatan GBC 932 AA (Duarte et al. 2016).

Selain itu, dilakukan juga monitoring asap briket yang dihasilkan. Metode Ringelmann dipilih karena mudah diterapkan dan ditafsirkan, dan dapat digunakan, misalnya, oleh produsen pedesaan atau oleh operator boiler untuk memeriksa kerapatan asap. Spesimen ditempatkan dalam wadah porselen di mana mereka dibakar. Penilaian asap dilakukan dengan menggunakan skala Ringelmann. Eksperimen dilakukan selama sekitar 5 menit di dalam kap mesin; gambar asap ditangkap dan dibandingkan dengan skala menggunakan perangkat lunak VirtualRingelmann®. Skala Ringelmann menunjukkan warna yang telah ditentukan sebelumnya yang mewakili skala evaluasi, yang terdiri dari lima tingkat kelas: tingkat 1- kepadatan 20% ; tingkat 2-kepadatan 40%; tingkat 3- kepadatan 60%; level 4-kepadatan 80% dan level 5- kepadatan 100%.



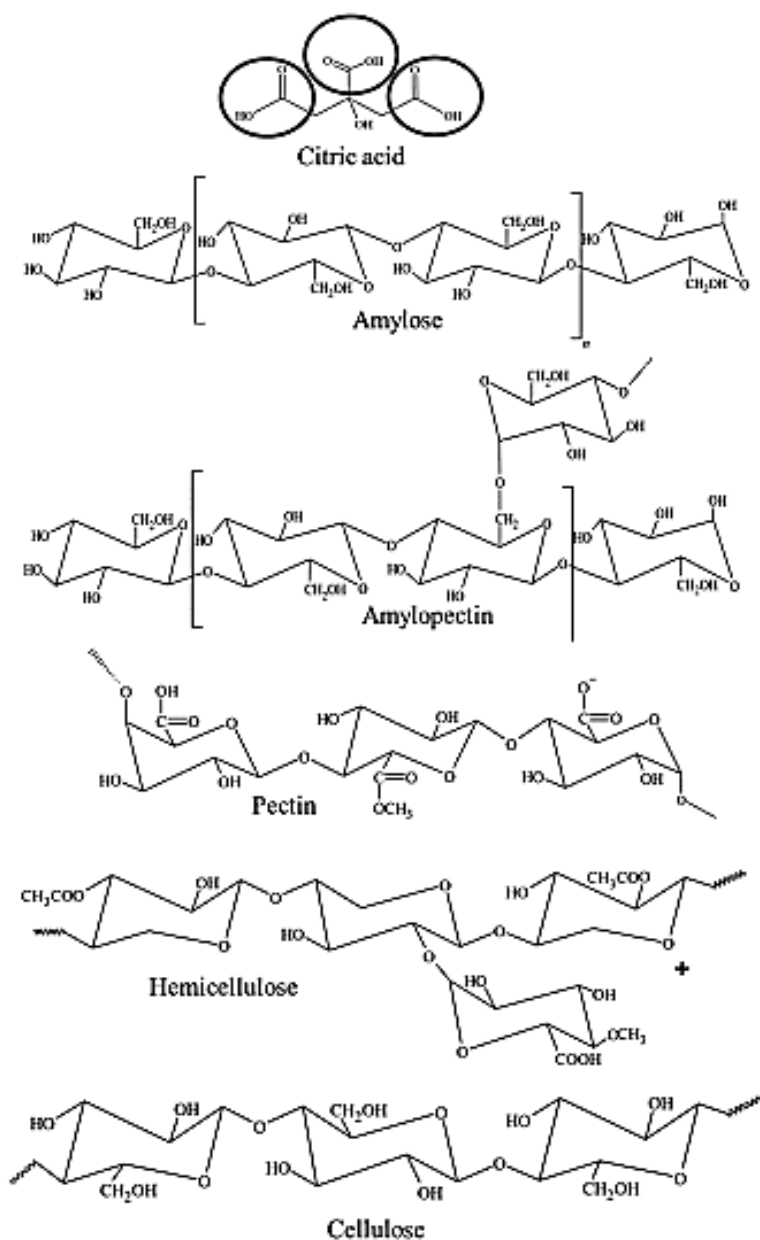
Gambar 4. 16. Briket yang dihasilkan

Briket yang disiapkan menyajikan penampilan yang mirip dengan Gambar 4.16, terlepas dari biomassa yang digunakan. Pada Gambar 4.17 (A dan B) terlihat bahwa kuat tekan briket berbanding lurus dengan densitas sampel yang dihasilkan. Nilai ketahanan mekanis briket adalah dari 0,23 hingga 0,37 MPa, sehingga briket menunjukkan ketahanan mekanis yang memadai untuk penyimpanan dan penanganan. Secara umum, pada Gambar 4.16 (A dan B) kerapatan yang tampak dan ketahanan mekanis dari briket menunjukkan perilaku pasangan biomassa jeruk yang sama (1-2,3-4,5-6) untuk penanaman konvensional dan organik. Nilai densitas semu dan resistansi mekanis menunjukkan derajat dispersi data yang berbeda untuk kelompok 5 spesimen yang diuji, variasi tersebut dikaitkan dengan proses produksi manual. Mayoritas spesimen dengan jumlah kulit kentang tertinggi (1, 3, dan 5), menunjukkan nilai kerapatan curah dan ketahanan kompresi yang lebih tinggi. Briket kulit jeruk memiliki nilai kerapatan semu dan ketahanan mekanis terhadap kompresi yang paling rendah. Masih pada Gambar 4.16 C dan D diamati briket biomassa tanam konvensional (ρ -value=0,37, Gambar 4.16 C) dan briket biomassa tanam organik (ρ -value =0,17, Gambar 4.16 D) , menyajikan distribusi probabilitas normal, dalam interval kepercayaan 95%, yang merupakan syarat untuk melakukan analisis parametrik lainnya.



Gambar 4. 17. Rata-rata dan standar deviasi kepadatan semu, ketahanan kompresi dan probabilitas kepadatan untuk briket biomassa dari penanaman konvensional (1, 2, 3, 4, 5, 6) dan penanaman organik (1org, 2org, 3org, 4org, 5org, 6org).

Kerapatan dan sifat mekanis dari kompresi briket dikaitkan dengan persilangan serat dari sisa biomassa yang digunakan (Rafiq et al., 2018), dan ikatan silang pektin dan pati (Colodel et al., 2018; Meneguín et al., 2017).



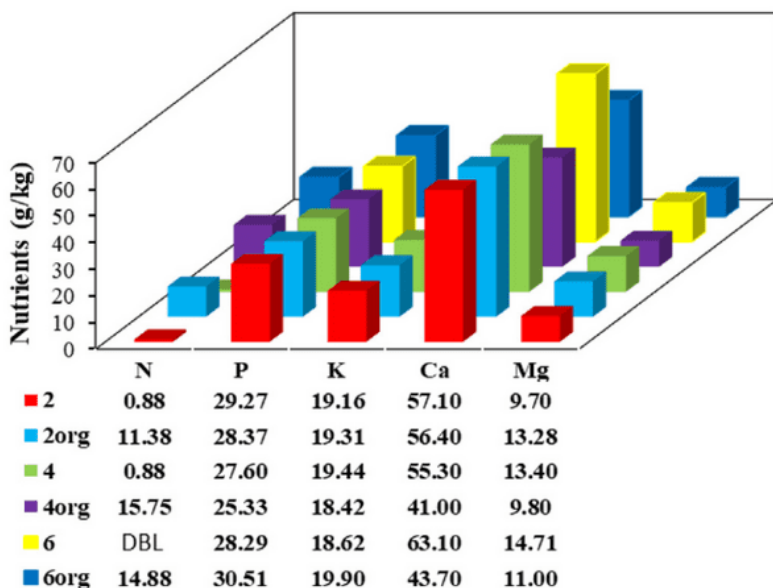
Gambar 4. 18. Struktur kimia asam sitrat, amilosa, amilopektin, pektin, hemiselulosa dan selulosa

Kemungkinan koneksi antarmolekul harus tetap dipertimbangkan selama persiapan briket yang diilustrasikan pada Gambar. 4.18. Tiga gugus asam karboksilat dari asam sitrat (Gbr. 4.18, diedarkan) mungkin memiliki berkontribusi dengan membentuk ikatan tipe ester dengan gugus OH dari amilosa, amilopektin, pektin atau dengan selulosa dan hemiselulosa, bertindak sebagai agen pengikat silang (Gbr. 4.17). Kemungkinan keterkaitan antara hemiselulosa dan selulosa, atau dengan pektin dan pati, pada pH asam harus tetap dipertimbangkan, karena adanya asam jeruk yang menimbulkan aglutinasi. Ikatan kimia kompleks ini penting karena meningkatkan densifikasi dan ketahanan mekanis briket.

Tabel 4. 5. Hasil Nilai rata-rata kadar air, kadar abu, nilai kalor lebih tinggi (HHV), nilai kalor lebih rendah (LHV) dan silika untuk 12 spesimen yang dibuat dari residu biomassa terbaru dari jeruk, kulit kentang dan sekam padi

	Moisture content (%)	HHV (kcal/kg)	LHV (kcal/kg)	Ash content (%)	Silica (%)
1	10.5988 ± 0.4598	17.0098 ± 0.0396	15.6392 ± 0.0470	4.3520 ± 0.3183	65.9918 ± 2.7373
2	10.2773 ± 0.4063	17.2563 ± 0.3337	15.8777 ± 0.3157	4.3015 ± 0.0727	64.8122 ± 3.7419
3	18.9926 ± 0.8853	15.3751 ± 0.1742	13.9009 ± 0.1850	4.1316 ± 0.0851	54.2060 ± 2.1794
4	13.9311 ± 0.2987	16.4013 ± 0.0483	14.9869 ± 0.0525	4.0626 ± 0.0843	73.2058 ± 6.6559
5	9.8175 ± 0.1402	17.1619 ± 0.0490	15.8009 ± 0.0489	4.3730 ± 0.1462	48.7421 ± 2.0576
6	10.9113 ± 0.3915	16.8693 ± 0.6630	15.5001 ± 0.0717	4.7419 ± 0.0767	36.5589 ± 4.8257
1org	12.7809 ± 0.1954	16.5909 ± 0.0543	15.0729 ± 0.0557	4.3350 ± 0.1133	30.3541 ± 1.7944
2org	12.5785 ± 0.2147	16.7019 ± 0.0631	15.3018 ± 0.0632	3.9121 ± 0.2740	36.3809 ± 2.4721
3org	14.9319 ± 0.3427	16.6953 ± 0.4572	15.2991 ± 0.3382	4.0800 ± 0.1972	24.9936 ± 2.5933
4org	14.3710 ± 0.6973	16.2408 ± 0.5040	14.8259 ± 0.5326	4.4035 ± 0.0905	28.6709 ± 2.5473
5org	16.0280 ± 0.5692	15.9231 ± 0.4327	14.4874 ± 0.0274	4.3566 ± 0.1341	22.0200 ± 3.0452
6org	15.2810 ± 0.2563	15.9523 ± 0.0273	14.5333 ± 0.1934	4.9577 ± 0.0983	25.6626 ± 2.4521

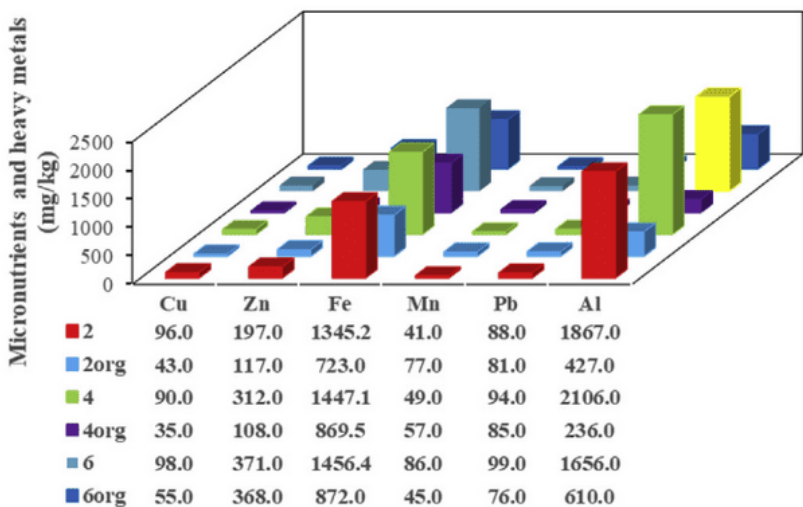
Pada Gambar 4.19 terkait tingkat kandungan, nitrogen (N), fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Gambar 3.18 menunjukkan nilai yang diperoleh untuk unsur hara nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam bentuk oksida, menjadikan sampel 2, 2 org, 4, 4 org, 6 dan 6 org basa, dengan pengecualian fosfor (Vassilev et al., 2017).



Gambar 4. 19. Tingkat kandungan: nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) untuk sampel 2, 2org, 4, 4org, 6 dan 6org

Meskipun nutrisi ini ada di semua sampel, diamati bahwa biomassa budidaya organik menunjukkan kandungan nitrogen yang lebih tinggi, untuk nutrisi lainnya, terjadi variasi. Untuk penggunaan abu sebagai penutup tanah, perhatian harus diberikan pada kadar logam berat, karena konsentrasi yang tinggi biasanya dikaitkan dengan pencemaran lingkungan dan toksisitas pada vegetasi ((Vassilev et al. 2017). Gambar 4.20 menunjukkan kadar unsur mikro (Cu, Zn, Fe, Mn e Al) dan logam berat (Pb) yang terdapat pada sampel 2, 2org, 4, 4org, 6 dan 6org. Untuk menambah abu ke tanah, tanah harus dianalisis dan dipantau agar tidak mencapai tingkat racun; yaitu, perlindungan tanah harus dilakukan secara preventif (Vassilev et al. 2017). Dengan cara ini, briket yang dikembangkan memulihkan energi dan abu yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber nutrisi dalam tanah, karena adanya nutrisi nitrogen

dan jumlah logam berat yang rendah, memungkinkan ekonomi sirkular untuk dikembangkan.



Gambar 4. 20. Mikronutrien dan logam berat: tembaga (Cu), seng (Zn), besi (Fe), mangan (Mn), timbal (Pb) dan aluminium (Al) untuk sampel 2, 2org, 4, 4org, 6 dan 6org

Briket yang dibuat dari sekam padi, kulit kentang kuning, jeruk pir, kulit mandarin/ponkan, kulit lemon Tahiti. Semua biofuel padat yang disiapkan memiliki kadar air dan kadar abu yang lebih rendah daripada kayu bakar. HHV spesimen berkisar antara 14,6 hingga 17,2 MJ/kg dan LHV dari 13,1 hingga 15,8 MJ/kg, mampu menggantikan sumber panas tradisional, seperti kayu bakar (7,12-10,47 MJ/kg). Meskipun unsur hara terdapat dalam abu biofuel padat, diamati bahwa untuk biomassa budidaya organik yang memiliki kandungan nitrogen lebih tinggi, nilai Cu, Zn, Fe, Pb dan Al lebih rendah pada sampel, dan lainnya variasi nutrisi terjadi. Adapun tingkat asap untuk biomassa budidaya konvensional, disajikan empat spesimen dengan klasifikasi tingkat 3, sesuai dengan kepadatan asap 60% dan dua briket dengan klasifikasi tingkat 2, sesuai dengan kepadatan 40%.

Sedangkan untuk budidaya organik, empat diklasifikasikan sebagai level 2 dan dua diklasifikasikan sebagai level 3. Briket yang dibuat dari sisa biomassa jeruk dari penanaman konvensional dan organik menunjukkan kekuatan kalori untuk dianggap sebagai biofuel, abunya dapat digunakan untuk nutrisi tanah yang benar dan menunjukkan kerapatan asap yang rendah (Magnago et al. 2020).

Dalam pengembangan teknologi briket berbahan limbah sekam padi, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah mengelola karakteristik limbah sekam padi yang ringan dan memiliki kandungan abu yang tinggi. Diperlukan penelitian yang cermat untuk mencari formula yang tepat guna menghasilkan briket dengan kepadatan yang optimal dan kualitas pembakaran yang baik. Selain itu, penting juga untuk mempertimbangkan aspek ekonomis agar produksi briket dari limbah sekam padi ini menjadi lebih terjangkau. Dengan menghadapi tantangan ini dengan solutif, pengembangan teknologi briket berbahan limbah sekam padi dapat menjadi langkah positif dalam mengurangi limbah pertanian serta menghasilkan energi alternatif yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpenpuun, T. D., R. A. Salau, A. O. Adebayo, O. M. Adebayo, J. Salawu, and M. Durotoye. 2020. "Physical and Combustible Properties of Briquettes Produced from a Combination of Groundnut Shell, Rice Husk, Sawdust and Wastepaper Using Starch as a Binder." *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 24(1):171-77.
- Anggono, Juliana, Edward Benny Kurniawan, Naniek Sulistarihani, and Balai Besar Keramik Bandung-Departemen Perindustrian. 2009. "Reduksi Ukuran Serbuk Kayu Meranti Dan Serbuk Silikon Untuk Pembuatan Silikon Karbida (SiC) Temperatur < 1500 o C." *Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, Surabaya*.
- Anggoro, Didi Dwi, Muhammad Hanif Dzikri Wibawa, and Moch Zaenal Fathoni. 2018. "Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Tempurung Kelapa dan Serbuk Gergaji Kayu Sengon." *Teknik* 38(2):76. doi: 10.14710/teknik.v38i2.13985.
- Anon. 2022. "Karet." *Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas*.
- Anon. 2023a. "Bambu." *Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas*.
- Anon. 2023b. "Sengon." *Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas*.
- Arifin, Zainal, and Wahidin Nuriana. 2018. "Nilai Kalor Briket Limbah Kayu Sengon Dengan Perekat Maizena Lebih Tinggi Di Bandingkan Tapioka, Sagu Dan Tepung Singkong." *JURNAL PILAR TEKNOLOGI Jurnal Ilmiah Ilmu Ilmu Teknik* 3(2).
- Aryapranta, Irva, Rina Novia Yanti, and Ambar Tri Ratnaningsih. 2022. "Pemanfaatan Limbah Biomassa Dari Kayu Karet Dan Tempurung Kelapa Menjadi Biobriket Sebagai Sumber Energi Terbaru."

SENKIM: Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin 2(1):155–67.

- Barros, Murillo Vetroni, Rodrigo Salvador, Antonio Carlos de Francisco, and Cassiano Moro Piekarski. 2020. "Mapping of Research Lines on Circular Economy Practices in Agriculture: From Waste to Energy." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 131:109958. doi: 10.1016/j.rser.2020.109958.
- Bazenet, Rahmi Adi, Wahyu Hidayat, Siti Mutiara Ridjayanti, Melya Riniarti, Agus Haryanto, Irwan Sukri Banuwa, and Udin Hasanudin. 2021. "Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Karet (*Hevea Brasiliensis* Muell. Arg)." *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 10(3):283–95.
- Ben-Iwo, Juliet, Vasilije Manovic, and Philip Longhurst. 2016. "Biomass Resources and Biofuels Potential for the Production of Transportation Fuels in Nigeria." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 63:172–92.
- Bhattacharya, S. C., M. Augustus Leon, and Md Mizanur Rahman. 2002. "A Study on Improved Biomass Briquetting." *Energy for Sustainable Development* 6(2):67–71.
- Boerhendhy, Island, and Dwi Shinta Agustina. 2006. "Potensi Pemanfaatan Kayu Karet Untuk Mendukung Peremajaan Perkebunan Karet Rakyat." *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2):61–67.
- Brand, Martha Andreia, Rodolfo Cardoso Jacinto, Rodrigo Antunes, and Alexsandro Bayestorff da Cunha. 2017. "Production of Briquettes as a Tool to Optimize the Use of Waste from Rice Cultivation and Industrial Processing." *Renewable Energy* 111:116–23.
- Brunerová, Anna, Hynek Roubík, and Milan Brožek. 2018. "Bamboo Fiber and Sugarcane Skin as a Bio-Briquette Fuel." *Energies* 11(9):2186.
- Chen, Longjian, Li Xing, and Lujia Han. 2009. "Renewable Energy from Agro-Residues in China: Solid Biofuels

- and Biomass Briquetting Technology." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(9):2689–95.
- Cherubini, Francesco, Glen P. Peters, Terje Berntsen, Anders H. Strømman, and Edgar Hertwich. 2011. "CO₂ Emissions from Biomass Combustion for Bioenergy: Atmospheric Decay and Contribution to Global Warming." *Gcb Bioenergy* 3(5):413–26.
- Demirbas, M. Fatih, Mustafa Balat, and Havva Balat. 2009. "Potential Contribution of Biomass to the Sustainable Energy Development." *Energy Conversion and Management* 50(7):1746–60.
- dody. 2021. "POHON KAYU ULIN (Eusideroxylon zwageri Teijsm & Binn)." *DISPERKIMTAN*. Retrieved February 11, 2023 (<https://disperkimtan.palangkaraya.go.id/2197-2/>).
- Duarte, Álvaro T., Aline R. Borges, Ariane V. Zmozinski, Morgana B. Dessuy, Bernhard Welz, Jailson B. de Andrade, and Maria Goreti R. Vale. 2016. "Determination of Lead in Biomass and Products of the Pyrolysis Process by Direct Solid or Liquid Sample Analysis Using HR-CS GF AAS." *Talanta* 146:166–74. doi: 10.1016/j.talanta.2015.08.041.
- Elfiano, Eddy, Purwo Subekti, and Ahmad Sadil. 2014. "Analisa Proksimat Dan Nilai Kalor Pada Briket Bioarang Limbah Ampas Tebu Dan Arang Kayu." *Jurnal Aptek* 6(1):57–64.
- Faizal, Muhammad, Ismira Andynapратиwi, and Puput Destriana Ayu Putri. 2014. "Pengaruh Komposisi Arang Dan Perekat Terhadap Kualitas Biobriket Dari Kayu Karet." *Jurnal Teknik Kimia* 20(2).
- Garrido, Maria Angeles, Juan A. Conesa, and Maria Dolores Garcia. 2017. "Characterization and Production of Fuel Briquettes Made from Biomass and Plastic Wastes." *Energies* 10(7):850.
- Gumisiriza, Robert, Joseph Funa Hawumba, Mackay Okure, and Oliver Hensel. 2017. "Biomass Waste-to-Energy Valorisation Technologies: A Review Case for Banana

- Processing in Uganda.” *Biotechnology for Biofuels* 10:1–29.
- Guo, Mingxin, Weiping Song, and Jeremy Buhain. 2015. “Bioenergy and Biofuels: History, Status, and Perspective.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42:712–25.
- Handoko, Rio, Fadelan Fadelan, and Muhamad Malyadi. 2019. “Analisa Kalor Bakar Briket Berbahan Arang Kayu Jati, Kayu Asam, Kayu Johar, Tempurung Kelapa Dan Campuran.” *KOMPUTEK* 3(1):14–21.
- Hansted, Ana Larissa Santiago, Gabriela Tami Nakashima, Mariana Provedel Martins, Hiroyuki Yamamoto, and Fábio Minoru Yamaji. 2016. “Comparative Analyses of Fast Growing Species in Different Moisture Content for High Quality Solid Fuel Production.” *Fuel* 184:180–84.
- Hoogwijk, Monique, André Faaij, Bas Eickhout, Bert De Vries, and Wim Turkenburg. 2005. “Potential of Biomass Energy out to 2100, for Four IPCC SRES Land-Use Scenarios.” *Biomass and Bioenergy* 29(4):225–57.
- Huang, Michael, Chia-Chi Chang, Min-Hao Yuan, Ching-Yuan Chang, Chao-Hsiung Wu, Je-Lueng Shie, Yen-Hau Chen, Yi-Hung Chen, Chungfang Ho, and Wei-Ren Chang. 2017. “Production of Torrefied Solid Bio-Fuel from Pulp Industry Waste.” *Energies* 10(7):910.
- Hubbard, William G. 2020. “Chapter 4 - Wood Bioenergy.” Pp. 69–87 in *Bioenergy (Second Edition)*, edited by A. Dahiya. Academic Press.
- Ilminnafik, Nasrul, and M. Agung Fauzi. 2015. “Karakteristik Termal Briket Kayu Sengon Dengan Variasi Suhu Tekan.” *ROTOR* 8(2):29–31.
- Križan, Peter. 2007. “Research of Factors Influencing the Quality of Wood Briquettes.” *Acta Montanistica Slovaca Ročník* 12(3):223–30.
- Lewandowski, Iris. 2015. “Securing a Sustainable Biomass Supply in a Growing Bioeconomy.” *Global Food Security* 6:34–42.

- Liao, Hua, Xin Tang, and Yi-Ming Wei. 2016. "Solid Fuel Use in Rural China and Its Health Effects." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 60:900–908.
- Liu, Zhijia, Bingbing Mi, Zehui Jiang, Benhua Fei, and Zhiyong Cai. 2016. "Improved Bulk Density of Bamboo Pellets as Biomass for Energy Production." *Renewable Energy* 86:1–7.
- Magnago, Rachel Faverzani, Susana Claudete Costa, Maria Julia de Assunção Ezirio, Vitoria de Godoy Saciloto, Gabriel Oscar Cremona Parma, Emerson Silveira Gasparotto, Affonso Celso Gonçalves, Alessandra Yula Tutida, and Ricardo Luis Barcelos. 2020. "Briquettes of Citrus Peel and Rice Husk." *Journal of Cleaner Production* 276:123820. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123820.
- Mandra, Mohammad Ahsan S. 2019. "Characteristics of Charcoal Briquettes from Agricultural Waste with Compaction Pressure and Particle Size Variation as Alternative Fuel."
- Mangin, Luksi, and Cahyo Budi Nugroho. 2015. "Pengaruh Suhu Pengeringan Briket Serbuk Gergaji Dan Kanji Terhadap Kekuatan Tekanan." *Jurnal Integrasi* 7(1):31–35.
- Martawijaya, Abdurahim, Iding Kartasujana, Kosasi Kadir, and Soewanda Among Prawira. 1989. "Indonesian Wood Atlas, Vol I." *Forest Research and Development Agency. Ministry Of Forestry Republik of Indonesia*.
- Melia. 2021. "√ How to Make Charcoal Briquettes: Components and Process." *Nusagro*. Retrieved February 7, 2023 (<https://nusagro.com/how-to-make-charcoal-briquettes/>).
- Naim, Darun, and Danang Dwi Saputro. 2013. "Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon Pada Tekanan Kompaksi 5000 Psig." *Journal of Mechanical Engineering Learning* 2(1).
- Nurhayati, Arry Y., Yuda C. Hariadi, and W. Hasanah. 2016. "Endeavoring to Food Sustainability by Promoting

Corn Cob and Rice Husk Briquetting to Fuel Energy for Small Scale Industries and Household Communities.” *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 9:386–95.

- Nurhayati, Chasri. 2018. “Pengaruh Temperatur Karbonisasi, Komposisi Campuran Arang Kayu Karet Dan Lumpur Batubara Terhadap Kualitas Biobriket.” Pp. 48–56 in *Prosiding Seminar Nasional Peran Sektor Industri dalam Percepatan dan Pemulihan Ekonomi Nasional*. Vol. 1.
- Obi, Okey Francis, and Kingsley Chukwudi Okongwu. 2016. “Characterization of Fuel Briquettes Made from a Blend of Rice Husk and Palm Oil Mill Sludge.” *Biomass Conversion and Biorefinery* 6:449–56.
- Ohrnberger, Dieter. 1999. *The Bamboos of the World: Annotated Nomenclature and Literature of the Species and the Higher and Lower Taxa*. Elsevier.
- Owusu, Phebe Asantewaa, and Samuel Asumadu-Sarkodie. 2016. “A Review of Renewable Energy Sources, Sustainability Issues and Climate Change Mitigation.” *Cogent Engineering* 3(1):1167990.
- Pamungkas, Ari Santosa, Sherly Hanifarianty, and Dina Eka Pranata. 2022. “KAJIAN VARIASI KOMPOSISI PEREKAT TERHADAP KARAKTERISASI BIOBRIKET KAYU KARET.” *Jurnal Penelitian Karet* 107–16.
- Pilusa, Tsietsi J., Robert Huberts, and Edison Muzenda. 2013. “Emissions Analysis from Combustion of Eco-Fuel Briquettes for Domestic Applications.” *Journal of Energy in Southern Africa* 24(4):30–36.
- Popp, Jozsef, Zoltán Lakner, Mónika Harangi-Rákos, and Miklos Fari. 2014. “The Effect of Bioenergy Expansion: Food, Energy, and Environment.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32:559–78.
- Pramana, Yanatra Budi, and A. R. Nanik. 2022. “Improving The Heat Value of Biobriquettes Made From Rice Husk and Cabbage with The Addition of Palm Oil.” *Tibwana* 5(2):120–26.

- Priyanto, Asep, Hantarum Hantarum, and Sudarno Sudarno. 2018. "Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Briket Terhadap Kerapatan, Kadar Air, Dan Laju Pembakaran Pada Briket Kayu Sengon." Pp. 541–46 in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*.
- Psomopoulos, Constantinos S., Nickolaos Chatziaras, George Ch Ioannidis, and Petros Karaisas. 2014. "The Role of the New Commission's Proposal to Minimize the Climate Impacts of Biofuel Production in Energy and Transport Sectors." *Fresenius Environ. Bull* 23:2687–94.
- Ramadhan, Alfin, Anelki Amri Ghazali, and Maryamah Maryamah. 2020. "Kualitas Biobriket Ampas Tebu Hasil Pirolisis Sebagai Sumber Energi Alternatif." *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan* 4(1):41–45. doi: 10.19109/alkimia.v4i1.5201.
- Richards, S. R. 1990. "Physical Testing of Fuel Briquettes." *Fuel Processing Technology* 25(2):89–100. doi: 10.1016/0378-3820(90)90098-D.
- Ridjayanti, Siti Mutiara, Rahmi Adi Bazenet, Wahyu Hidayat, Irwan Sukri Banuwa, and Melya Riniarti. 2021. "Pengaruh Variasi Kadar Perekat Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Sengon (Falcataria Moluccana)." *Perennial* 17(1):5–11.
- Rindayatno, Rindayatno, and Dorotea Omi Lewar. 2017. "Kualitas Briket Arang Berdasarkan Komposisi Campuran Arang Kayu Ulin (Eusideroxylon Zwageri Teijsm & Binn) Dan Kayu Sengon (Paraserianthes Falcataria)." *ULIN: Jurnal Hutan Tropis* 1(1).
- Sari, Merry Kencana, and Supriyanto Wagiman. 2017. "QUALITY OF CHARCOAL BRIQUETTES BASED ON COMPOSITION MIXED CHARCOAL OF RED MERANTI (Shorea sp.) AND COCONUT SHELL (Cocos nucifera L.)."
- Satmoko, Mochamad Erwando Among, Danang Dwi Saputro, and Aris Budiyo. 2013. "Karakterisasi Briket Dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon Dengan Metode

- Cetak Panas." *Journal of Mechanical Engineering Learning* 2(1).
- Serra, P., J. Giuntoli, A. Agostini, M. Colauzzi, and S. Amaducci. 2017. "Coupling Sorghum Biomass and Wheat Straw to Minimise the Environmental Impact of Bioenergy Production." *Journal of Cleaner Production* 154:242–54. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.03.208.
- Shen, Yafei. 2017. "Rice Husk Silica Derived Nanomaterials for Sustainable Applications." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80:453–66. doi: 10.1016/j.rser.2017.05.115.
- Singh, Jaswinder. 2017. "Management of the Agricultural Biomass on Decentralized Basis for Producing Sustainable Power in India." *Journal of Cleaner Production* 142:3985–4000.
- Siswanto, Jatmiko Edi. 2018. "Analisa Nilai Kalor Briket Sekam Padi Dengan Campuran Batok Kelapa Dan Serbuk Arang Kayu." *Jurnal Inovator* 1(2):10–13.
- Stelte, Wolfgang. 2012. "Guideline: Storage and Handling of Wood Pellets." *Report, Danish Technological Institute*.
- Suryaningsih, S., and O. Nurhilal. 2018. "Sustainable Energy Development of Bio Briquettes Based on Rice Husk Blended Materials: An Alternative Energy Source." *Journal of Physics: Conference Series* 1013(1):012184. doi: 10.1088/1742-6596/1013/1/012184.
- Suzuki, Kazunobu, Nobuyuki Tsuji, Yoshihito Shirai, Mohd Ali Hassan, and Mitsuru Osaki. 2017. "Evaluation of Biomass Energy Potential towards Achieving Sustainability in Biomass Energy Utilization in Sabah, Malaysia." *Biomass and Bioenergy* 97:149–54.
- Świgoń, Jerzy, and Jaroslav Longauer. 2005. "Energy Consumption in Wood Pellets Production." *Folia Forestalia Polonica* 36:77–83.
- Tanger, Paul, John L. Field, Courtney E. Jahn, Morgan W. DeFoort, and Jan E. Leach. 2013. "Biomass for Thermochemical Conversion: Targets and Challenges." *Frontiers in Plant Science* 4:218.

- Tumuluru, Jaya Shankar, Christopher T. Wright, J. Richard Hess, and Kevin L. Kenney. 2011. "A Review of Biomass Densification Systems to Develop Uniform Feedstock Commodities for Bioenergy Application." *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 5(6):683–707.
- Vassilev, Stanislav V., Christina G. Vassileva, Yun-Cai Song, Wen-Ying Li, and Jie Feng. 2017. "Ash Contents and Ash-Forming Elements of Biomass and Their Significance for Solid Biofuel Combustion." *Fuel* 208:377–409. doi: 10.1016/j.fuel.2017.07.036.
- Werther, J., M. Saenger, E. U. Hartge, T. Ogada, and Z. Siagi. 2000. "Combustion of Agricultural Residues." *Progress in Energy and Combustion Science* 26(1):1–27.
- Widayat, Widi. 2019. "Pengaruh Ukuran Partikel Dan Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Briket Kayu Jati." *Jurnal Inovasi Mesin* 1(2):14–22.
- Yudanto, Angga, and Kartika Kusumaningrum. 2009. "Pembuatan Briket Bioarang Dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati." *Bachelor Thesis, Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Yuliah, Y., M. Kartawidjaja, S. Suryaningsih, and K. Ulfi. 2017. "Fabrication and Characterization of Rice Husk and Coconut Shell Charcoal Based Bio-Briquettes as Alternative Energy Source." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 65(1):012021. doi: 10.1088/1755-1315/65/1/012021.
- Yuniarti, Yuniarti, Yan Pieter Theo, Yogi Faisal, and Arhamsyah Arhamsyah. 2011. "Briket Arang Dari Serbuk Gergajian Kayu Meranti Dan Arang Kayu Galam." *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 3(2):38–43.
- Zhang, Guojie, Yinghui Sun, and Ying Xu. 2018. "Review of Briquette Binders and Briquetting Mechanism." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82:477–87.

BIOGRAFI PENULIS



Hernawati lahir di Riau 11 juni 1983. Anak ke empat dari pasangan bapak Muh.Ali dan ibu Kartini. Pada usia 7 tahun menempuh Pendidikan sekolah dasar. Dua belas tahun kemudian melanjutkan Pendidikan strata 1 di Universitas Negeri Makassar jurusan Pendidikan Fisika. Menyandang gelar sarjana (S.Pd) setelah kuliah selama 4 tahun. Setahun kemudian pada tahun 2007 mendapatkan beasiswa Kemenag untuk

lanjut strata dua program magister di jurusan Fisika Institut Teknologi Bandung dan lulus dua tahun kemudian (2009 dengan gelar magister pengajaran fisika (M.Pfis). Menutup akhir tahun 2009 dengan penyerahan SK CPNS Dosen di jurusan fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dan menjadi dosen hingga sekarang. Ada beberapa karya yang telah dibuat selama menjadi Dosen baik berupa Laporan penelitian, buku pengabdian masyarakat, jurnal-jurnal baik yang terakreditasi maupun tidak, maupun buku ajar dan buku referensi.



Sefrilita Risqi Adikaning Rani. Lahir di Kediri, 11 April 1994, anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Hadi Siswanto dan Siti Badrikah. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Mutiara PG Merican Kediri (1999-2000), SDN Mojokerep (2000-2006), MTsN Model Pare Kediri (2006-2009), SMAN 2 Pare Kediri (2009-2012) kemudian

penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada Departemen Fisika, menyelesaikan tahap sarjananya pada tahun 2016. Pada tahun itu juga penulis diterima sebagai mahasiswa Pascasarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya pada Departemen fisika dengan beasiswa *Freshgraduate* ITS. Penulis menyelesaikan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada Departemen Fisika, menyelesaikan tahap Magisternya pada tahun 2018. Penulis merupakan dosen Fisika Fakultas sains dan teknologi UIN Alauddin Makassar (2019-Sekarang). Interes riset yang ditekuni yaitu pada material keramik.

SINOPSIS/RINGKASAN BUKU

Biobriket merupakan bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti minyak tanah yang ramah lingkungan. Biobriket adalah residu dari limbah pertanian atau hasil pengolahan hutan yang masih memiliki nilai kalor yang cukup untuk selanjutnya dijadikan bahan bakar. Biobriket organik dari limbah pertanian dan perkebunan yang banyak menarik perhatian sebagai bahan bakar alternatif di rumah tangga dan industri kecil. Buku ini memuat beberapa referensi terkait biobriket yang terbuat dari bahan limbah alam seperti limbah gergaji kayu dari berbagai jenis kayu dan limbah sekam padi dengan campuran berbagai bahan limbah lain. Proses pembuatan, pengujian karakteristik fisik-mekanis biobriket dan beberapa standar kualitas biobriket dikaji didalam buku ini.