2. TINJAUAN PUSTAKA

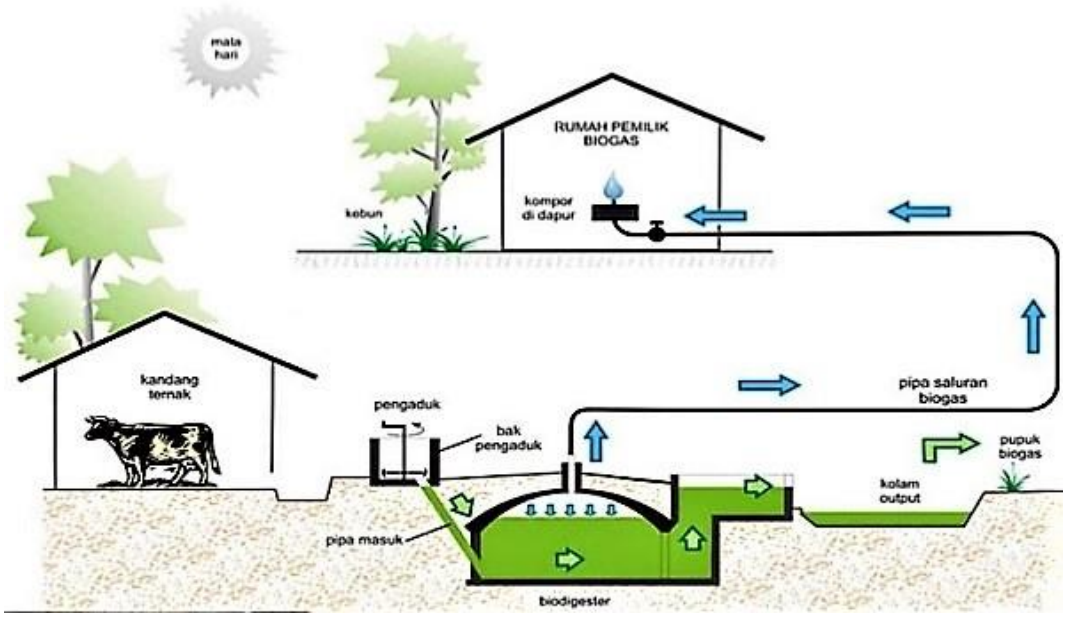
2.1 Biomassa

Biomassa merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan merupakan energi terbarukan yang berasal dari sumber alami, contohnya seperti limbah pepohonan, limbah tanaman, limbah hutan, dan kotoran hewan. Biomassa tidak hanya mencakup limbah – limbah yang disebutkan sebelumnya, akan tetapi biomassa juga dapat berupa sisa fermentasi alkohol, limbah industri organik dan *black liquor* (Baskar, 2012).

Biomassa memiliki berbagai macam jenis, contoh diantaranya adalah biodiesel, biogas, bioetanol, biobriket dan lain lain. Perbedaan dari jenis – jenis biomassa tersebut adalah fasa. Biogas berupa fasa gas, biodiesel dan bioetanol berupa fasa cair dan biobriket merupakan fasa padat.

2.1.1 Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan organik. Kotoran hewan dan limbah domestik merupakan bahan-bahan dasar pembuat biogas. Untuk mengubah kotoran hewan atau limbah domestik menjadi gas diperlukan alat instalasi. Proses pembuatan biogas dapat dilihat pada gambar 2.1. Penggunaan biogas juga terus menerus dikembangkan agar penggunaan gas alam dapat digantikan dengan biogas. Dengan penelitian oleh Anggono (2013) tentang kecepatan pembakaran dan limit pengapian dari biogas, maka dapat diketahui potensi gas metana sebagai pengganti bahan bakar gas. Penelitian tentang penggunaan biogas pada kendaraan bermotor juga di kembangkan oleh Tirtoatmodjo. R (1999) tentang peningkatan performa motor bensin 4 Tak 3 silinder yang menggunakan Bahan Bakar Gas (BBG) dengan penambahan *blower* dan sistem injeksi.

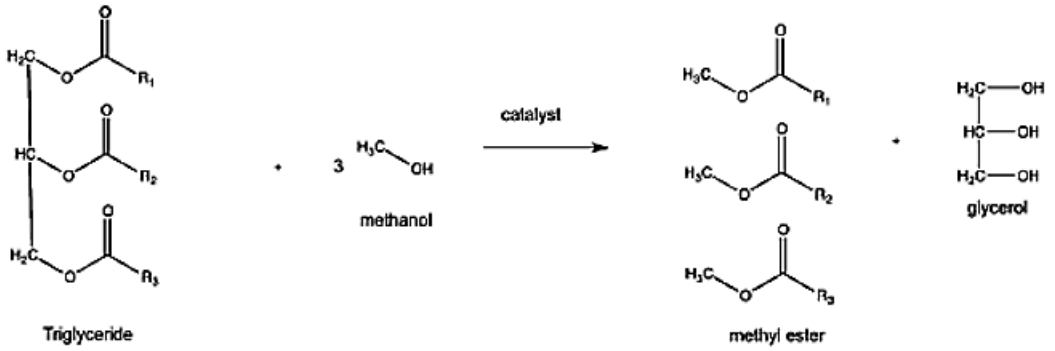


Gambar 2.1 Mekanisme pembuatan biogas

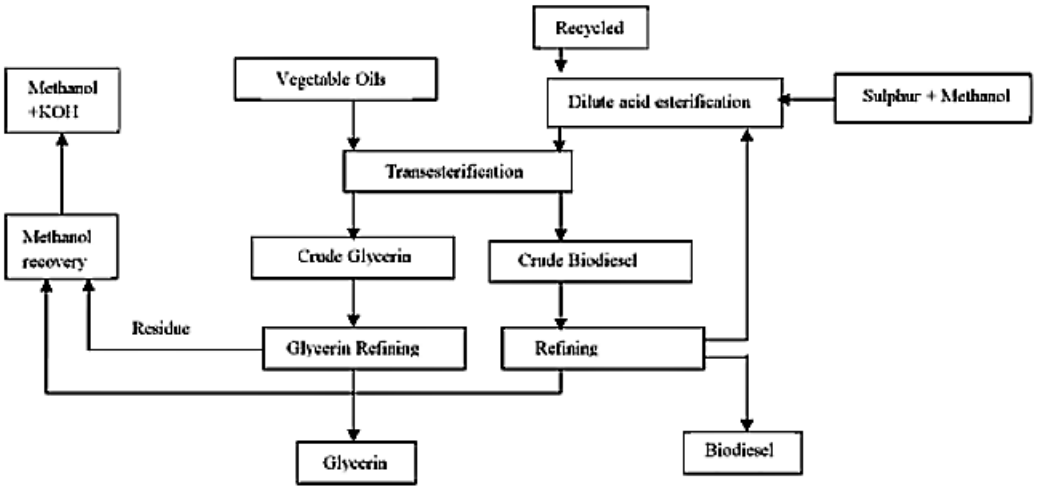
Sumber : http://www.ilmuhewan.com/cara-pembuatan-biogas-dari-kotoran-sapi/

2.1.2 Biodiesel

Biodiesel dapat dihasilkan dari tanaman jarak, minyak sawit melalui proses transesterifikasi. Seperti pada gambar 2.2 menjelaskan reaksi kimia dari transesterifikasi dari trigliserida dengan alkohol. Setelah menjalani proses transesterifikasi biodiesel tidak dapat langsung digunakan akan tetapi melewati berbagai proses, proses pembentukan biodiesel dapat dilihat pada gambar 2.3 (Sarin, 2012)



Gambar 2.2 Proses transesterifikasi trigliserida dengan metanol (Sarin, 2012)



Gambar 2.3 Proses pembuatan biodiesel (Sarin, 2012)

2.1.3 Biomassa Padat

Bahan bakar cair dan gas merupakan bahan bakar yang umum digunakan pada industri, kendaraan dan pembangkit energi. Penggunaan bahan bakar padat juga umum digunakan pada industri pembangkit listrik. Batu bara merupakan contoh bahan bakar padat yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik, akan tetapi penggunaan bahan bakar batubara yang besar akan mengakibatkan krisis energi. Salah satu energi terbarukan yang mulai popular adalah biobriket. Bahan biobriket ini menggunakan bahan dari limbah industri, perhutanan dan limbah – limbah lain yang masih dapat di proses kembali.

Keterbatasan persediaan sumber energi fosil menyebabkan popularitas penelitian tentang *renewable energy* semakin meningkat. Salah satunya penelitian Gravalos (2010) melakukan studi nilai kalor *biomass pellet* dengan perlakuan panas. Bahan baku yang digunakan seperti yang tampilkan pada gambar 2.4.

Gambar 2.4 Bahan baku biomassa

Sumber: http://www.gcmec.com/biomass-briquetting-machinery/briquette-plant-setup.html

Tabel 2.1 Nilai kalor dari biomassa (Gravalos, 2010)

Parameters	**Units**	**Biomass residues of agricultural crops and forages**			
		Cotton	Cardoon	Phragmites australis	Typha angustifolia
Bulk density	kg/m^3	167	152	107	112
Moisture content	%	4.40	4.27	4.06	3.43
Ash content	%	4.56	9.42	8.21	7.72
Gross calorific value (GCV)	kJ/g	17.731	14.986	16.943	17.230
Net calorific value (NCV)	kJ/g	18.754	16.028	17.933	18.117

Hasil pengujian dipaparkan tabel 2.1, dimana nilai *net calorific value* tertinggi 18.754 kJ/kg dimiliki oleh bahan baku *cotton*, sedangkan terendah terjadi pada *Cardoon* dengan nilai 16.028 kJ/kg. Sedangkan Mangkau (2011) melakukan penelitian nilai kalor briket tongkol jagung. Nilai kalor HHV pada briket tersebut terbesar 22,34 MJ/kg dengan komposisi 75% tongkol jagung dan 25 sekam padi. Potensi biosmassa yang lain seperti yang dilakukan oleh Sellin (2013) meneliti briket yang terbuat dari pelepah dan daun pisang. Hasil briket daun dan pelepah

memiliki HHV sebesar 17.7 MJ/kg dan 14.9 MJ/kg. Semua data tersebut menunjukkan bahwa potensi yang dimiliki oleh biomassa dapat menjadi sumber panas yang memungkinan untuk diaplikasikan. Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia no 12 Tahun 2012 tentang pedoman perhitungan beban emisi kegiatan industri minyak dan gas bumi no 790. Apabila dibandingkan dengan batu bara muda berdasarkan API compendium 2009 HHV sebesar 15 MJ/kg, biomass berpotensi untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil salah satunya batu bara muda. Sedangkan untuk batu bara memiliki HHV 26 MJ/kg oleh karena itu biomassa yang dibutuhkan meningkat dua kali lipatnya.

Selain itu tinjauan berdasarkan dari media tentang kebijakan Pemerintah Indonesia. Puti (2019), menyatakan presiden Jokowi dan wakil presiden Jusuf Kalla meng-inginkan pembangunan pembangkit listrik 35.000 Megawatt, hal ini menunjukkan fakta bahwa kebutuhan energi di Indonesia sangatlah besar. Dimana sebagian besar dari Pembangkit listrik masih menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM). Padahal Roby menyatakan cadangan BBM (Bahan Bakar Minyak) di Indonesia, diprediksi akan habis sekitar tahun 2030, diungkapkan oleh Hendartyo (2019). Oleh karena itu dibutuhkan energi alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Data ini menujukkan bahwa keinginan pemerintah untuk mendapatkan energi alternatif sangatlah besar.

Bentuk nyata Pemerintah Indonesia akan direncanakan pembangunan Pembangkit Energi Tenaga Sampah (PLTSa) untuk memusnahkan sampah hingga 100 ton per hari yang dipaparkan oleh Kanavino (2019). Dari hasil studi dapat bahwa untuk masyarakat yang berada di sekitar PLTSa, Gedebage (*incinerator*) dibangun dari tahun 2011 hingga batas waktu berakhir pada tahun 2032, lebih banyak menimbulkan dampak negatif daripada dampak positif. Secara ekonomi, PLTSa Gedebage dengan teknologi pirolisis akan lebih menguntungkan ketika dilihat dari lingkungan. PLTSa Gedebage dengan teknologi gasifikasi menjadi pilihan yang lebih baik.

Pengolahan sampah yang telah ditimbun pada TPA dapat digunakan menjadi beberapa proses, yaitu teknologi pembakaran, teknologi komposit, dan teknologi daur ulang. Sedangkan pengkonversian energi sampah menjadi kalor

dapat dilakukan dengan insinerator, pirolisis, dan gasifikasi menurut Kanavino (2019).

Hasil penelitian tersebut menyarankan proses gasifikasi merupakan teknologi yang paling tepat digunakan PLTSa Gedebage. Metode ini juga berguna untuk mereduksi terjadi asap (*smoke*) pada proses pembakaran. Penelitian ini tidak fokus terhadap teknik proses pembakaran, namun difokuskan pada kajian kapasitas kalor dan karakteristik pembakaran.

Briket merupakan sebuah blok bahan yang dapat dibakar untuk digunakan sebagai bahan bakar. Selain itu briket pada umumnya digunakan sebagai pengganti bahan bakar seperti briket batu bara, briket arang, briket gambut dan briket biomassa. Sedangkan pada briket batu bara merupakan jenis bahan bakar dari fosil sehingga sudah mulai ditinggalkan. Briket arang merupakan briket yang paling popular dimasyarakat, hal ini disebabkan oleh mudahnya proses pembuatan briket arang. Briket ini terbuat dari kayu, kemudian dilanjutkan dengan proses pembakaran dengan kadar oksigen yang lemah. Padahal kayu merupakan komuditas yang sangat diminati oleh masyarakat dan merupakan komiditas ekspor Indonesia sehingga sulit didapatkan. Oleh karena itu briket yang saat ini sangat memungkinkan diteliti dan dikembangkan adalah briket gambut dan biomassa. Pada briket gambut, di kota Surabaya tidak memiliki lahan gambut yang luas sehingga sulit untuk mendapatkan material tersebut. Jenis briket yang tepat untuk dikembangkan di kota Surabaya merupakan briket biomassa. Dimana kota Surabaya selalu memiliki masalah dengan Sampah hijau seperti pada kota umumnya.

Fachry dkk (2010) telah dilakukan penelitian tentang pembuatan briket dari campuran enceng gondok dan batu bara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa enceng gondok merupakan tanaman gulma dapat digunakan sebagai sumber energi. Penambahan enceng gondok pada briket menyebabkan suhu karbonisasi meningkat dari 300-400°C menjadi 400-600°C, hal ini menyebabkan peningkatan kadar abu dan menurunkan nilai kalor. Pada kadar kelembaban udara (*inherent moisture*) penambahan enceng gondok berdampak semakin turun disertai dengan kadar abu semakin meningkat. Dampak lainnya terjadi pada kadar volatile matter semakin turun dan kadar karbon yang cenderung meningkat.

Pada tabel 2.2 dipaparkan perbandingan hasil uji briket campuran enceng gondok 55% dan batu bara 45% dengan batu bara kualitas super PT. Tambang Batu Bukit Asam. Pada *total moisture* didapatkan bahwa briket ini memiliki nilai didalam kualitas standar batu bara. Sedangkan untuk *ash content* dan *volatile matter* tidak memenuhi standar, sebab nilai sedikit melebihi batas maksimum dimana untuk ash content 19.08% dan volatile matter 29.48%. selain itu semua kandungan briket masih masuk kedalam klasifikasi batubara super PT. Tambang Batubara Bukit Asam yaitu *fixed carbon* 50.618% dan *caloric value* sebesar 5.6 kal/gr.

Tabel 2.2 Perbandingan Hasil Uji Briket Eceng Gondok dan Kualitas Briket Batubara Super PT. Tambang Batubara Bukit Asam (Fachry, Dipura & Najamudin, 2010)

No.	Parameter	Satuan	Standar Briket BB Super PTBA	Penelitian ini (1) (T=400^{0}C, BB = 45%
1.	*Total Moisture*	%	< 7,5	5,304 %
2.	*Ash Content*	%	14 – 18	19,08 % (tdk memenuhi)
3.	*Volatile Matter*	%	24 – 27	29,48 % (tdk memenuhi)
4.	*Fixed Carbon*	%	50 – 60	50,618 %
6.	*Caloric Value*	Cal/gr	5.500 - 6000	5.666

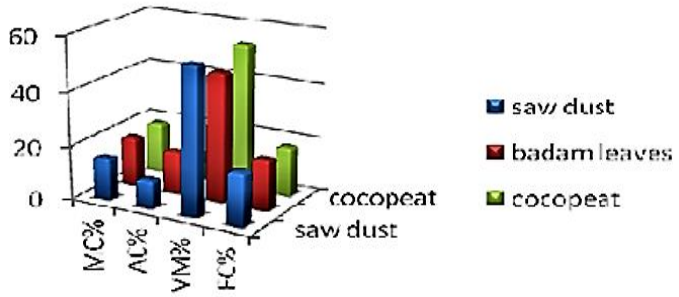
Raju (2014) melakukan penelitian tentang pengembangan bahan bakar briket untuk kebutuhan rumah tangga dan industri. Proses pembuatan briket digunakan serabut kelapa, daun almon dan serbuk kayu, seperti pada gambar 2.5. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan bahan baku alternatif untuk dijadikan bahan bakar khususnya energi alternatif. Bahan baku difokuskan pada sampah agri-kultural merupakan material yang bermasalah pada perkotaan.

Gambar 2.5 Bahan baku briket a). Serabut kayu, b). Daun almon c) Serbuk kelapa (Raju, 2014)

Pada penelitian tersebut material bahan baku dilakukan penggilingan agar ukuran semakin kecil. Kemudian dilakukan proses penyampuran dengan cairan perekat, yaitu terbuat dari tepung sagu, tepung singkong dan maizena (perekat). Campuran maida merupakan perekat dari bahan baku hasil gilingan berupa bubuk. Kemudian material campiran tersebut dituang pada cetakan ukuran 6x3x3 inch seperti pada gambar 2.6. Kemudian setelah proses tersebut dilakukan proses penekanan (press) untuk membentuk briket padatan (Raju, 2014).

Gambar 2.6 Cetakan briket (Raju, 2014)

Hasil yang didapatkan *proximate analysis* dari tiga sampel terseut dengan menggunakan *Indian Standard Procedure Moisture Content* (MC), *Volatile Matter* (VM), *Ash Content* (AC) dan *Fixed Carbon* (FC). Dimana seperti dipaparkan pada gambar 2.7, Pada histogram kandungan MC terbesar terjadi pada *cocopeat* 18.55% dan yang terendah pada *saw dust*. Variasi keseluruhan MC antara 10-16%, material *cocopeat* diprediksi memiliki nilai kalor yang rendah (Raju, 2014).



Gambar 2.7 Proximate Analysis Briket (Raju, 2014)

Hasil indeks porositas mengungkapkan bahwa porositas briket semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi biomass. Biomass memiliki porositas yang tinggi sehingga sifat berserat digabungkan setelah proses peng-

hancuran, hal ini menyebabkan ukuran partikel yang relatif lebih besar dibandingkan dengan batubara. Kedua sifat tersebut menyebabkan kandungan pori-pori pada briket semakin besar. Pada daun almon memiliki prosentase kandungan air yang rendah. Porositas yang rendah akan menghambat perpindahan massa selama pembakaran disebabkan oleh ruang yang sempit untuk difusi massa. Sedangkan pada porositas yang besar menyebabkan laju infiltrasi oksidan dan aliran keluaran produksi pembakaran semakin besar, selain itu proses laju pembakaran semakin cepat.

Waktu penyalaan (*ignition time*) akan semakin meningkat seiring dengan peningkat konsentrasi biomass. Pada kenyataan briket ini didapatkan pada nilai VM, apabila VM semakin meningkat menyebabkan terjadi peningkatan *ingitibility* pada briket.

Pada komposisi AC organik pada biomass relatif seragam. Komponen utama terdiri dari karbon, oksigen dan hidrogen. Kebanyakan dari biomassa selalu dimiliki kandungan presentasi nitrogen dan sulfur yang relatif kecil. Pada tabel 2.3 dipaparkan hasil pengujian *ultimate analysis*. Parameter elemen ini merupakan hasil deteksi dari pengukuran dasar. Hasil komposisi biomassa berdampak pada karakteristik pembakaran. Seperti massa total keseluruhan bahan bakar menurun selama fasa *volatile combustion* terjadi pembakaran, dimana perbandingan rasio hidrogen dan karbon semakin meningkat seiring dengan peningkatan rasio oksigen dengan karbon yang lebih rendah.

Tabel 2.3 Ultimate analysis briket biomassa (Raju, 2014)

Sl. no	Name of the sample	%C	%H	% N2	%S	%O	Porosity
1	sawdust	47.5	4.5	1.0	0.04	42.8	59.79
2	Badam leaves	42.5	3.8	1.1	0.35	31.4	25.23
3	Cocopeat	46.6	4.4	1.0	0.26	42.0	36.30

Pada penelitian Sellin (2013) melakukan pembuatan briket dengan bahan baku pisang, terdiri dari daun (leave) dan pelepah (pseudostem) pisang, Dimana pada proses tersebut menunjukkan bahwa pembuatan proses briket membutuhan

tekanan seperti pada tabel 2.4. Hasil tekanan mekanik akan dihasilkan massa jenis briket sesuai dengan waktu pemampatan.

Tabel 2.4 Kompresi mekanik dan massa jenis briket (Sellin, 2013)

Measurement	Leaves briquette		Pseudostem briquette	
Compaction time (s)	0.6	1	0.6	1
Compressive strength (MPa)	3.60 ± 2.30	5.30 ± 1.50	9.50 ± 3.60	15.03 ± 3.70
Density (g/cm³)	1.00 ± 0.06	0.99 ± 0.05	1.01 ± 0.08	0.99 ± 0.06

Proses pembuatan briket pada daun dan pelepah pisang memiliki peningkatan *High Heating Value* (HHV) yang cukup signifikan, hal ini ditunjukkan pada daun dari 17.1 MJ/kg menjadi 17.7 MJ/kg sedangkan pada pelepah 13.7 MJ/kg menjadi 14.9 MJ/kg. Pada hasil ditunjukkan nilai MC yang semakin besar sehingga memiliki level tinggi pada unsur karbon dan hidrogen.

Selain itu proses pembakaran terjadi pada temperature 580°C untuk sampah murni sedangkan dalam bentuk briket temperatur cenderung lebih kecil 300°C. Sehingga secara teori dapat meningkatkan nilai kalor dan menurun terjadi abu pada proses pembakaran.

Tabel 2.5 Kandungan HHV pada briket pisang (Sellin, 2013)

Measurements	Leaves	Pseudostem	Leaves Briquette	Pseudostem briquette
HHV (MJ/kg)	17.10 ± 0.30	13.70 ± 0.10	17.70 ± 0.20	14.90 ± 0.10
M (%)	7.91 ± 0.30	10.89 ± 0.2	7.17 ± 0.31	9.74 ± 0.37
VM (%)	78.16 ± 0.80	89.10 ± 0.2	75.30 ± 0.85	71.70 ± 1.13
FC (%)	15.60 ± 0.40	18.0 ± 3.8	18.25 ± 0.43	18.74 ± 0.66
Ash (%)	6.23 ± 0.40	8.04 ± 0.17	10.63 ± 1.09	9.85 ± 0.25
C (%)	43.28 ± 0.14	38.92 ± 0.4	44.28 ± 0.18	37.69 ± 1.80
H (%)	6.23 ± 0.02	5.92 ± 0.12	6.23 ± 0.03	5.58 ± 0.43
N (%)	0.98 ± 0.08	0.38 ± 0.77	0.80 ± 0.01	0.19 ± 0.09
S (%)	0.49	0.49	< 0.3	< 0.3

2.2 Angsana (Pterocarpus indicus)

Pohon Angsana merupakan tanaman tumbuh di tanah beriklim tropis, terutama di bagian asia tenggara. Indonesia merupakan negara dengan seluruh bagiannya beriklim tropis, maka dari itu pohon angsana dapat tumbuh dengan baik di Indonesia. Pohon ini memiliki ciri-ciri dapat tumbuh hingga ketinggian 15 meter

dan memiliki daun yang banyak. Hal itu menyebakan pohon angsana memiliki kemampuan pemecah angina. Jumlah pohon agsana yang banyak di Surabaya menjadikan potensi yang baik bagi pohon ini untuk dijadikan bahan baku briket. Poho angsana sangat mudah ditemukan di pinggi jalan Surabaya. Pohon ini memiliki daya tahan yang sangat baik saat musim hujan maupun musin kemarau pohon ini dapat tumbuh dengan baik. Pohon ini akan tetap memiliki daun dan ranting yang ridang, walaupun banyak daun dan ranting berguguran.

Gambar 2.8 Pohon Angsana di Suarabaya

Tabel 2.6 Klasifikasi Tanaman Angsana

Nama	Pterocarpus indicus
Kerajaan	Plantae
Divisi	Magnoliophyta
Kelas	Magnoliophyta
Ordo	Fabales
Famili	Fabaceae
Upafamili	Faboidea
Bangsa	Dalbergieae
Genus	Pterocarpus
Spesies	P. Indicus

Tabel 2.7Perbandingan nilai kalor angsana dengan bahan lainnya (Haygreen et al., 2003)

Jenis Kayu	Parameter		
	Kadar air (%)	Nilai kalor (kkal/kg)	Kadar abu (%)
Lamtoro (*Leuchaena leucocephala*)	10.13	4.197	5.78
Trembesi (*Samanea saman*)	10.36	3.926	1.92
Turi (*Sesbandia grandiflora*)	6.83	3.965	0.62
Gamal (*Glirisidia maculate*)	23.97	4.168	2.97
Angsana (*Pterocarpus indica*)	7.53	4.060	9.08
Sengon Buto (*Enterolobium cylocarpum*)	14.21	3.948	1.08
Waru (*Hibiscus tiliaceus*)	10.33	4.266	1.48
Gmelina (*Gmelina arborea*)	9.24	4.282	1.47
Batu bara muda (*lignite*)	2.8	5.600	19.2
Batu bara	2.1	6.300	18.1

Nilai kalor tertinggi dicapai jika kayu dalam kondisi kering tanur, yaitu sekitar 4.500 kkal/kg (Haygreen et al., 2003). Dalam penggunaan praktis menggerinkan kayu sampai kondisi kering tanur tidak ekonomis dari segi biaya. Untuk mendapatkan nilai kalor optimum, kayu digunakan pada kondisi kering udara (kadar air 12%) dengan nilai kalor berkisar 4000 kkal/kg. Perbandingan nilai kalor kayu dengan batu bara yang digunakan dalam industri disajikan dalam tabel 2.6.

Dari tabel 2.6 terlihat bahwa gmelina pada kadar air 9,24% memiliki nilai kalor yang teringgi jika dibandingkan dengan tanaman lainnya, sedangkan kayu trembesi dengan kadar air 10,36% memiliki nilai kalor terendah, yaitu 3,926 kkal/kg. Angsana memiliki kadar abu tertinggi, yaitu 9,08%, tetapi nilai ini masih jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan kadar abu batu bara muda sebesar 19,2%. Batu bara dengan kualitas lebih baik memiliki niali kalor 6.300 kkal/kg pada kadar air 2,1% dan kadar abu yang lebih kecil , yaitu 18,1% .

2.3 Pepaya

Krishna (2008) mengatakan pepaya merupakan buah yang berasal dari selatan Mexico dan Costa Rica. Buah ini dapat tumbuh dengan baik di selutuh wilayah yang memiliki iklim tropis dan subtropis. Indonesia merupakan negara

beriklim tropis. Pohon buah ini memiliki jarak tanam 3 x 3,5 m dan dalam 1 Ha bisa terdapat 1.000 pohon pepaya. Pohon pepaya dapat berbuah sepanjang tahun dengan optimal tanpa bergantung iklim. Menurut badan pusat statistik (2017) secara total, produksi buah-buahan naik sebesar 28,64% pada tahun 2017. Pepaya pada tahun yang sama mengalami penurunan sebesar 3,23%, namun bila dilihat dari tahun-tahun sebelumnya rata-rata produksi pepaya berada pada angka Sembilan ratus ribu buah per tahun.

Buah ini memiliki potensi untuk dijadikan perekat briket, karena memiliki kandungan gula dan serat alami. Penurunan kualitas buah sampai jadi limbah terjadi pada saat pengiriman. Buah yang berposisi pada bawah mendapat tekanan dari atas dan karena suhu yang panas menjadikan buah yang dibawah mengalami kematangan yang terlalu cepat. Hal tersebut kerusakan berupa umur buah yang menjadi pendek. Buah yang mengalami kerusakan akan dibuang, karena terlalu matang untuk dijual kembali.

Tabel 2.8 Kandungan pada Buah Pepaya

Komponen	100 gr pepaya
Protein	0,7 g
Lemak	0,2 g
Mineral	0,5 g
Serat	0,9 g
Karbohidrat	5,7 g
Energy	27 kcal

Gambar 2.9 Limbah buah pepaya

Tabel 2.9 Klasifikasi pohon Pepaya

Nama	Carica Papaya
Kerajaan	Plantae
Divisi	Tracheophyta
Kelas	Magnoliophyta
Ordo	Brassicales
Famili	Caricaceae
Genus	Carica
Spesies	C. Papaya

2.4 Nanas

Menurut Farid (2015) Nanas merupakan buah komersil yang penting. Buah yang kenal dengan ratu buah ini buah terpenting ketiga di dunia setelah pisang dan jeruk. Indonesia merupakan salah satu produsen nanas dunia. Buah ini berbuah dengan baik sepanjang tahun dan sangat baik pada iklim tropis. Badan pusat statistik (2017) menyatakan Tanaman nanas memiliki jarak tanam 0,5 x 0,8 m dalam 1 Ha dapat memuat 2500 tanaman nanas. Nanas menempati posisi kedua pada tingkat produksi sebesar 8 ribu ton pada tahun 2017. Buah nanas yang diproduksi Indonesia banyak di ekspor ke United Arab Emirate, Korea, Jepang, Saudi Arabia, dan Hong kong.

Buah ini memiliki potensi untuk dijadikan perekat briket, karena memiliki kandungan serat alami dan mudah ditemukan. Limbah buah ini biasa ada pada saat pengiriman. Buah yang berposisi pada bawah mendapat tekanan dari atas dan karena suhu yang panas menjadikan buah yang dibawah mengalami kerusakan. Kerusakkan yang biasa ditemukan adalah terluka akibat tekanan dan terlalu matang untuk dijual kembali.

Tabel 2.10 Kandungan pada Buah Nanas

Komponen	100 gr Nanas
Protein	0,54 g
Natrium	0,1 g
Serat	1,4 g
Karbohidrat	13 g
Gula	10 g

Gambar 2.10 Limbah buah nanas

Tabel 2.11 Klasifikasi tanaman Nanas

Nama	Ananas comosus
Kerajaan	Plantae
Divisi	Tracheophyta
Kelas	Magnoliopsida
Ordo	Poales
Famili	Bromeliaceae
Genus	Ananas Mill.
Spesies	Ananas comosus

2.5 Proses Pembentukan Briket

Dalam pembentukan sebuah briket, ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan seperti, pembuatan serabut material, pencampuran serabut material dengan bahan perekat, proses pemampatan (proses *press*), dan proses pengeringan.

2.5.1 Proses Pembuatan Serbuk Material

Material limbah daun angsana yang telah kering dihancurkan menjadi serbuk dengan ukuran yang diperlukan sebelum menjadi briket. Serbuk dapat dihasilkan dari beberapa macam proses seperti penumbukan, penggilingan dan berbagai macam proses lainnya. Gambar 2.11 (a) menunjukkan bahan baku briket

tempurung kelapa dan gambar 2.11 (b) menunjukkan proses penggilingan bahan menjadi serbuk.

(a) (b)

Gambar 2.11 (a) Bahan briket tempurung kelapa dan (b) Proses penggilingan bahan

Sumber: http://www.foteinfo.com/charcoal-briquetting-machine-54.html

2.5.2 Proses Pencampuran Material dengan Bahan Perekat

Untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket maka diperlukan zat perekat sehingga dihasilkan briket yang kompak. Sifat ilmiah bubuk arang cenderung saling memisah. Dengan bantuan bahan perekat atau lem, butir-butir arang dapat disatukan dan dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Namun permasalahannya terletak pada jenis bahan perekat yang akan dipilih. Penentuan bahan perekat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas briket ketika dibakar dandinyalakan. Faktor harga dan ketersediaannya di pasaran harus dipertimbangkan secara kritis karena setiap bahan perekat memiliki daya lekat yang berbeda-beda karakteristiknya.

Menurut Grover (1996), serat alami dalam perekat adalah komponen yang dapat membantu mengikat briket. Serat alami dapat ditemui dinding semua tanaman yang terdiri dari gula (karbohidrat) yang berkombinasi dengan pati, protein, dan bahan-bahan yang lain (Heru, 2016).

2.5.2.1 Jenis – Jenis Bahan Perekat Briket

Bahan pendukung briket dibutuhkan untuk medapatkan hasil yang lebih baik. Perekat dibutuhkan untuk mendukung bentuk fisik briket sehingga dihasilkan briket yang kompak. Briket dibutuhakan, karena tidak semua bahan memiliki sifat

binderless, bisa mengikat dirinya sendiri. Berdasarkan fungsi dari pengikat dan kualitasnya, pemilihan bahan pengikat dapat dibagi sebagai berikut:

1. Berdasarkan sifat / bahan baku perekatan briket

Adapun karakteristik bahan baku perekatan untuk pembuatan briket menurut Sinurat (2011) adalah sebagai berikut:

a. Memiliki gaya kohesi yang baik bila dicampur dengan bahan briket

b. Mudah terbakar dan tidak berasap.

c. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan murah harganya.

d. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya.

2. Berdasarkan jenis

Jenis bahan baku yang umum dipakai sebagai pengikat untuk pembuatan briket menurut Sinurat (2011), yaitu:

a. Perekat anorganik

Pengikat anorganik dapat menjaga ketahanan briket selama proses pembakaran sehingga dasar permeabilitas bahan bakar tidak terganggu. Pengikat anorganik ini mempunyai kelemahan yaitu adanya tambahan abu yang berasal dari bahan pengikat sehingga dapat menghambat pembakaran dan menurunkan nilai kalor. Contoh dari pengikat anorganik antara lain semen dan natrium silikat.

b. Perekat organik

Pengikat organik menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran briket dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Menurut Sinurat (2011), perekat organik dibagi menjadi beberapa macam seperti:

1. *Clay* (Tanah liat)

Clay atau yang sering disebut tanah liat umumnya banyak digunakan sebagai bahan perekat briket. Jenis-jenis tanah liat yang dapat dipakai untuk pembuatan briket terdiri dari jenis tanah liat warna kemerah - merahan, kekuning - kuningan dan abu-abu. Perekat jenis ini menyebabkan briket membutuhkan waktu yang lama untuk proses pengeringannya dan briket menjadi sukar menyala ketika dibakar.

2. Tepung tapioka

Jenis tapioka beragam kualitasnya tergantung dari proses pembuatannya terutama pencampuran airnya dan pada saat dimasak sampai mendidih. Tapioka

juga banyak digunakan sebagai bahan pengental, bahan pengisi dan bahan pengikat dalam industri makanan, seperti dalam pembuatan puding, sop, pengolahan sosis daging, dan lain-lain.

Tabel 2.12 Kandungan tepung tapioka

Komponen	100 gr Tapioka
Protein	4,38 g
Lemak	0,23 g
Gula	15 g
Karbohidrat	22 g

3. Getah karet

Daya lekat getah karet lebih kuat dibandingkan dengan tanah liat dan tapioka. Namun, ongkos produksinya lebih mahal dan agak sulit mendapatkannya karena harus membeli. Briket dengan perekat jenis iniakan menghasilkan asap tebal berwarna hitan dan beraroma kurang sedap bila dibakar.

4. Getah pinus

Keunggulan perekat ini terletak pada daya benturannya yang kuat, meskipun dijatuhkan dari tempat yang tinggi briket akan tetap utuh serta mudah menyala jika dibakar. Namun asap yang keluar cukup banyak dan menyebabkan bau yang agak menusuk hidung.

Dari jenis – jenis bahan perekat briket di atas, jenis bahan perekat yang paling umum digunakan adalah perekat dengan bahan tepung tapioka. Perekat jenis tapioka ini umum digunakan karena umum di jual dan harganya cukup terjangkau. Selain pemilihan dari segi ekonomis, pemilihan berdasarkan kandungan juga berperan penting. Tabel 2.9 menunjukan kandungan dari bahan perekat briket.

Tabel 2.13 Kandungan pada bahan – bahan perekat (Ndraha, 2009)

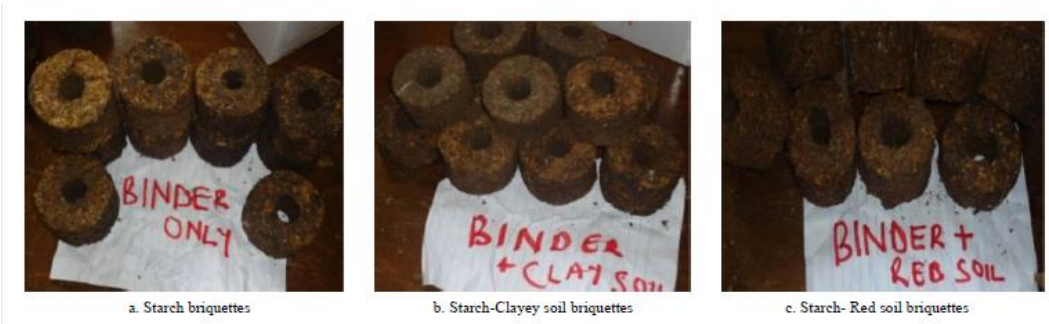
Jenis perekat	Air (%)	Abu (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Karbon (%)
Tepung jagung	10.52	1.27	4.89	8.48	73.8
Tepung terigu	10.7	0.86	2	11.5	74.2
Tepung tapioka	9.84	0.36	1.5	2.21	85.2
Tepung sagu	14.1	0.67	1.03	1.12	82.7

Dari tabel 2.6 didapatkan informasi bahwa tepung tapioka memiliki kandungan karbon terbesar diantara perekat lainya. Selain itu kandungan air dari tepung kanji juga rendah, hal ini akan mempermudah proses penyalaan api. Penurunan nilai kalor apabila mencampurkan tepung kanji dengan bahan briket juga tidak terlalu banyak, dikarenakan kadar air yang rendah dan kandungan karbon yang cukup besar. Kandungan abu dari tepung tapioka juga memiliki nilai yang paling kecil, semakin banyak kandungan abu maka semakin banyak bahan yang tidak dapat terbakar.

Selain tepung tapioka penelitian briket dengan jenis perekat briket yang lain juga dilakukan oleh Abia (2014). Beliau meneliti briket dengan bahan dasar limbah buah manga dengan perekat tepung tapioka, tanah liat, dan tanah merah. Komposisi yang dibuat adalah limbah buah manga: tepung tapioka (4:1), limbah buah manga: tepung tapioka: tanah liat (9:2:1), dan limbah buah manga: tepung tapioka: tanah merah (16:4:1). Briket tersebut dibentuk lalu di uji proximate. Pengujian tersebut menghasil data sebagi berikut.

Tabel 2.14 Hasil pengujian perekat (Abia,2014)

Briquette types[2]	Physical parameters				Combustion parameters			
	Density, $kg/m^3 \times 10^3$	Maximum Force, N	Compressive stress, N/mm^2	Moisture content, %	Volatile matter, %	Ash content, %	Fixed carbon, %	Calorific value, $kJ/kg \times 10^3$
Starch-Clayey soil	1.66b	183.7b	22.9a	11.9a	22.9a	10.2b	66.9b	15.918a
Starch-Red soil	1.559b	160.7b	16.7a	11.0a	20.6b	10.9a	68.5b	15.100a
Starch	1.464a	272.6a	34.0a	11.9a	16.0c	2.8c	81.2a	16.140a



a. Starch briquettes b. Starch-Clayey soil briquettes c. Starch- Red soil briquettes

Gambar 2.12 Briket limbah buah manga dengan berbagai perekat

Hasil tersebut menyatakan briket dengan perekat tepung tapioka memiliki nilai kalor paling tinggi dengan nilai sebesar 16,14 kj/kg*10^3. Briket dengan campuran tanah liat dan tanah merah memiliki nilai dibawah briket dengan perekat

tepung tapioka murni. Briket dengan perekat tepung tapioka dan tanah liat meliki nilai sedikit dibawah nilai briket berperekat tepung tapioka murni dengan nilai sebesar 15,91 kj/kg*10^3. Briket berperekat tepung atpioka dan tanah merah memiliki nilai paling rendah dengan nilai 15,10 kj/kg*10^3. Kadar abu yang terendah dimiliki oleh briket berperekat tepung tapioka engan persentase sebesar 2,8%, namun briket dengan berperekat tepung tapioka dan tanah liat dan tanah merah memiliki yang cukup besar dengan nilai persentase yang berurutan sebesar 10,2% dan 10,9%.

Penelitian briket dengan perekat getah arab telah dilakukan oleh Sotannde (2009). Beliau membandingkan briket tersebut dengan tepung tapioka. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian beliau adalah batu bara. Komposisi yang digunakan berurutan dan dilakukan dengan kedua macam perekat 10%, 20%, 30%, dan 40%. Briket tersebut dibentuk dengan tekanan 0,5 g/cm^2

Tabel 2.15 Hasil pengujian briket batu bara (Sotannde,2009)

Variables	Parameters			
	Volatile matter	Fixed carbon	Ash	Heating value
	(%)			(MJ kg^{-1})
Binder type				
Gum Arabic	11.53	84.38	4.47	32.83
Starch	10.75	84.31	4.95	32.54
Blending ratio				
Charcoal : Gum Arabic				
10 : 1	11.0	83.75	5.25	32.44
5 : 1	10.63	85.25	4.11	32.83
10 : 3	13.00	85.00	3.50	33.54
5 : 2	11.50	83.50	5.00	32.52
Charcoal : Starch				
10 : 1	11.00	82.75	6.25	32.09
5 : 1	12.00	84.50	3.50	33.03
10 : 3	10.55	85.20	4.25	32.79
5 : 2	10.00	84.25	5.75	32.27

Tabel 2.11 menunjukan nilai kalor perekat getah arab dan tepung tapioka memilki nlai yang tak jauh berbeda, 32,83 dan 32,54 MJ/Kg. Nilai kalor yang didapatkan menunjukan dari briket berperekat getah arab lebih tinggi dari briket berperekat tepung tapioka pada komposisi 10% dan 40%, namun pada kompisi 20% dan 30 % briket berperekat tepung tapioka lebih besar. Berdasarkan nilai kalor getah arab mampu mengimbangi briket berperekat tepung tapioka, namun bila

ditinjau dari persentase kandungan abu briket berperekat getah arab memiliki persentase kandungan abu diatas tepung tapioka.

Jindaporn (2017) telah melakukan penelitian briket dengan bahan utama kulit kayu putih, kulit manggis dan kulit pepaya dan bahan perekat menggunakan *persea kurzii kosterm*, cairan cangkang kacang mente, dan dammar. Hasil pengujian proximate bahan utama dan bahan perekat sebagai berikut.

Tabel 2.16 Nilai kalor dan komposisi kimia bahan (Jindaporn,2017)

Sample	Chemical composition				Higher heating value
	Moisture (%)	Volatile matter (%)	Ash (%)	Fixed carbon (%)	(cal/g)
Eucalyptus bark	7.85±0.18^{b}	66.36±5.63^{a}	13.11±0.24^{c}	12.67±5.54^{c}	3,394.86±38.16^{a}
Mangosteen shell	8.53±0.24^{b}	67.21±0.93^{a}	3.22±0.03^{a}	21.03±0.70^{d}	4,505.30±9.07^{c}
Papaya peel	12.18±1.44^{c}	73.66±0.60^{b}	8.71±0.34^{b}	5.44±1.52^{b}	3,817.85±34.69^{b}
Persea kurzii kosterm	7.67±0.16^{b}	64.32±1.80^{a}	17.60±0.10^{d}	10.39±1.74^{c}	3,422.57±29.66^{a}
Dammar	1.67±0.07^{a}	80.55±0.04^{c}	17.70±0.13^{d}	0.07±0.17^{a}	7,259.97±146.32^{d}
Cashew nut shell liquid	N/A	N/A	N/A	N/A	7,382.02±133.76^{d}

Elemen komposisi mempengaruhi jumlah udara ynag dibutuhkan dalam proses pembakaran. HHV diperngaruhi oleh hydrogen, karbon, sulfur, oksigen, dan nitrogen. Karbon adalah elemen utama dari semua elemen tersebut. Tabel 2.13 merupakan hasil pengujian ultimate bahan baku.

Tabel 2.17Hasil pengujian *ultimate analysis* (Jindaporn,2017)

Sample	Elemental composition				
	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)
Mangosteen shell	47.399	5.945	46.00	0.460	0.196
Papaya peel	38.797	6.271	53.00	3.161	0.802
Eucalyptus bark	42.921	5.606	51.11	0.222	0.141
Persea kurzii kosterm	38.952	5.211	54.35	1.343	0.140
Dammar	61.145	7.945	30.69	7.945	0.130
Cashew nut shell liquid	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Pembentukan briket dibaut dengan rasio komposisi kulit kayu putih, kulit manggis, dan kulit pepaya secara berturut-turut 1:1:1, 2:1:1, 1:2:1, dan 1:1:2. Rasio komposisi tersebut dilakukan untuk setiap jenis perekat. Rasio komposis dengan setiap jenis perekat menghasil nilai kalor yang ditunjukan tabel 2.14.

Tabel 2.18 Hasil pengujian *proximate analysis* (Jindaporn, 2017)

Binder type	Mixing ratio	Density (kg/m³)	Higher heating value (cal/g)	Compressive strength (N/mm²)	Maximum force (N)
Persea kurzii kosterm	1:1:1	1,792.36±33.19^{g}	4,080.93±158.77^{ab}	4.97±0.99^{cd}	97.50±19.50^{cd}
	2:1:1	1,728.71±50.30^{f}	3,990.11±12.84^{ab}	5.69±1.09^{de}	111.67±21.50^{de}
	1:2:1	1,587.33±70.39^{e}	4,014.09±7.23^{ab}	7.45±1.14^{g}	146.29±22.39^{g}
	1:1:2	1,683.20±14.49^{f}	3,825.25±125.06^{a}	8.93±1.96^{h}	175.26±38.52^{h}
Dammar	1:1:1	1,554.13±9.00^{de}	4,433.11±74.02^{bcd}	6.49±1.36^{f}	127.36±26.6^{f}
	2:1:1	1,1436.84±9.89^{b}	4,720.88±43.34^{cde}	5.37±0.63^{cde}	105.55±12.33^{cde}
	1:2:1	1,317.02±62.20^{a}	4,669.03±11.30^{cde}	5.85±0.98^{f}	114.79±19.25^{ef}
	1:1:2	1,432.05±4.67^{b}	4,345.26±84.70^{bc}	4.77±0.66^{c}	93.71±12.93^{c}
Cashew nut shell liquid	1:1:1	1,516.87±9.62^{cd}	4,903.58±209.08^{de}	2.19±0.75^{b}	42.92±14.78^{b}
	2:1:1	1,532.01±4.49^{cde}	4,910.51±19.74^{de}	1.32±0.32^{a}	25.92±6.29^{a}
	1:2:1	1,563.32±6.95^{de}	5,068.60±7.74^{e}	0.70±0.20^{a}	13.73±3.90^{a}
	1:1:2	1,477.70±34.55^{bc}	4,928.86±38.16^{de}	0.84±0.38^{a}	16.42±7.53^{a}

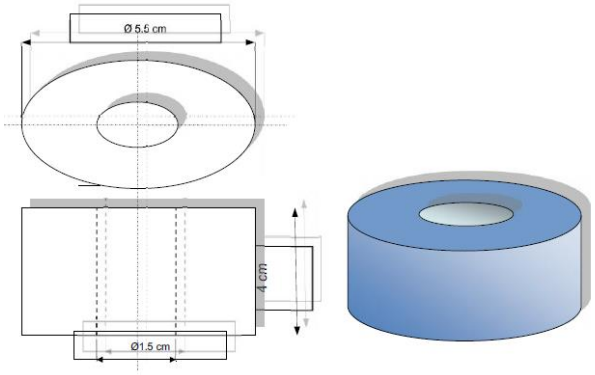
Tabel 2.14 tersebut menyatakan komposisi rasio 1:2:1 dengan perekat cairan kulit kacang mente dengan nilai kalor sebesar 5.068 cal/g. Briket tersebut menghasilkan suhu sekitar 400 to 600^{o}C, namun dengan perekat cairan kulit kacang mente menghasilkan asap yang banyak dan bau yang kurang enak.

Hamidul (2018) telah melakukan penelitian briket dengan bahan utama sekam padi dan debus abut sebagai bahan perekat. Komposisi yang digunakan antara debu sabut dan sekam padi adalah 0:100, 20:80, 40:60, 50:50, 60:40, 80:20. Briket dibentuk dengan diameter 60 mm dan sisi luar dikarbonasi. Gambar 2.13 merupakan briket sekam padi dan debus abut dengan komposis 50:50.

Gambar 2.13 Briket sekam padi (Hamidul, 2018)

Nilai kalor sekam padi dan sekam debu sabut adalah 4120 kcal/kg dan 3040 kcal/kg. Briket nilai kalor tertinggi adalah briket dengan nila komposisi 20:80 sekam padi dengan nilai kalor sebesar 4879 kcal /kg dengan kekuatan kompresi 218,4 N/cm^2 dan laju pembakarn sebesar 0,789 kg/hour. Pada akhirnya, Hamidul memilih komposisi 50:50, karena paling sesuai dengan permintaan pasar dengan mempertimbangkan harga bahan dana harga jualnya.

Penelitian efek perekat dilakukan oleh Handra (2017) dengan bahan utama serat kelapa sawit dengan perekat getah pinus dan tepung tapioka sebagai pembanding. Serat yang digunakan terbagi jadi 2 ukuran 1-5 mm dan 5-10 mm. komposisi yang digunakan ada 30%, 40%, dan 50% perekat. Bentuk briket yang dibuat oleh Handra adalah silinder dengan lubang ditengah yang ditunjukan pada Gambar 2.14 Gambar 2.15 menunjukan cetakan briket dan hasil briket yang sudah jadi.



Gambar 2.14 Gambar bentuk briket kelapa sawit

Gambar 2.15 Alat press (kiri) dan briket hasil press (kanan)

Briket dengan komposisi 50% serat kelapa sawit berukuran 1-5 mm denganb perekat getah pinus 50% memiliki nilai kalor terbesar dengan nilai 6331,75 cal/g. Nilai kalor terendah didapat dari kelapa sawit berukuran 5-10 mm dengn kompisisi 60:40 dengan nilai sebesar 2295,7 cal/g. Serat kelapa sawit memiliki kelebihan tidak mengeluarkan saap yang banyak, namun cukup sulit dinyalankan.

Briket dengan perekat organik diteliti oleh Wakcahure (2011) menggunakan batang mustard, sampah campur, dan limbah kayu sebagai bahan utama dan getah, lumpur, dan ampas penyulingan sebagai perekat. Komposis bahan utama dan bahan

perekat yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%, dan 20% perekat. Tabel 2.15 menunjukan hasil pengujian nilai kalor.

Tabel 2.19 Hasil pengujian briket (Wakcahure, 2011)

Briquettes	Storage	Calorific value (MJ.kg^{-1})			Ash content (%)		
	Period (Day)	123.4 MPa	117.7 MPa	112.3 MPa	123.4 MPa	117.7 MPa	112.3 MPa
B1	0	20.3	20.14	19.97	16	17.1	18.1
	60	2.02	20.01	19.8	17.1	17.8	18.7
	120	20.14	19.83	19.57	17.5	18.5	19.6
	180	20.05	19.62	19.34	18.2	19.1	20.2
B2	0	20.16	19.89	19.69	18.1	18.7	19.4
	60	19.92	19.71	19.27	19.2	19.3	19.9
	120	19.67	19.54	19.09	19.8	19.8	20.3
	180	19.55	19.4	17.75	20.2	20.2	21.1
B3	0	18.52	18.33	18.12	12.4	13.1	14.3
	60	17.43	18.18	17.81	13.6	13.8	15
	120	17.26	17.98	17.66	13.8	14.8	15.5
	180	17.06	17.64	17.47	14.5	16	16.1
B4	0	22.84	22.59	22.26	8.9	10.2	11.8
	60	22.72	22.41	22.1	10	11.1	13
	120	22.5	22.27	21.98	10.4	11.7	14.1
	180	22.23	22.14	21.69	10.8	12.2	15.2
B5	0	20.16	19.89	19.67	17.2	17.9	18.5
	60	19.9	19.68	19.51	17.7	18.5	19.2
	120	19.68	19.5	19.3	18.3	19.2	19.6
	180	19.47	19.3	19.06	19	19.6	20.7
B6	0	24.75	24.47	24.14	13.7	14.6	15.5
	60	24.5	24.21	23.57	14.8	15.2	16.2
	120	24.21	23.96	23.22	15.6	16	16.7
	180	23.97	23.74	22.95	16.2	16.9	17.6
B7	0	19.79	19.59	19.33	19	20.1	21
	60	19.56	19.38	19.1	20	21.1	21.8
	120	19.26	19.19	18.95	20.5	21.7	22.4
	180	19.04	18.94	18.76	21.1	22.4	23.4
B8	0	20.93	20.64	20.43	18.8	19.9	20.9
	60	20.72	20.31	20.16	19.4	20.5	21.7
	120	20.28	20.09	19.89	20.1	21.2	22.3
	180	20.05	19.35	19.62	20.9	21.9	23.4
B9	0	21.2	20.88	20.49	16.3	17.3	17.9
	60	20.97	20.58	20.17	17.1	18	19
	120	20.7	20.33	19.78	17.8	19	19.7
	180	20.48	19.98	19.5	18.5	20	20.7

***B1** : Mustard stalk and molasses, **B2** : Mixed waste and molasses, **B3** : Wood waste and molasses, **B4** : Mustard stalk and press mud, **B5** : Mixed waste and press mud, **B6** : Wood waste and press mud, **B7** : Mustard stalk and distiller's dry grain, **B8** : Mixed waste and distiller's dry grain, **B9** : Wood waste and distiller's dry grain*

2.5.2.2 Proses pemampatan briket

Dalam proses pemampatan briket, ukuran dan bentuk briket ditentukan terlebih dahulu. Contohnya penentuan bentuk briket silindris dengan diameter tertentu. Tekanan pembriketan sangat penting karena dapat membentuk susunan briket yang stabil dengan mengisi rongga-rongga dari briket yang masih kosong. Apabila tekanan pembriketan terus dinaikkan, maka kekuatan briket akan terus bertambah sampai pada suatu kondisi dimana kerapatan briket menjadi sangat rapat sehingga menyebabkan sulitnya penyalaan briket. Proses pemampatan ini apabila menggunakan kekuatan tekan yang berlebihan akan berpengaruh kepada proses

penyalaan briket. Hal ini dikarenakan tipisnya celah udara pada bagian dalam briket sehingga mempersulit proses pembakaranya. Pada sisi yang berbeda, proses pemampatan ini apabila dirapatkan dengan gaya tekan yang besar akan menaikan nilai kalor karena massa briket semaikin besar. Dari hasil penelitian Syamsiro (2007) tentang biobriket diperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik pembakaran biobriket antara lain:

1. Laju pembakaran briket semakin tinggi dengan semakin tingginya kandungan senyawa *volatile matter*.
2. Briket dengan nilai kalor yang tinggi dapat mencapai suhu pembakaran yang tinggi dan pencapaian suhu optimumnya cukup lama.

Tekanan pemampatan diberikan untuk menciptakan kontak antara permukaan bahan yang direkat dengan bahan perekat. Setelah bahan perekat dicampukan dan tekan mulai diberikan maka perekat yang masih dalam keadaan cair akan mulai mengalir membagi diri ke permukaan bahan. Pada saat yang bersamaan dengan terjadinya aliran maka perekat juga mengalami perpindahan dari permukaan yang diberi perekat ke permukaan yang belum terkena perekat.

2.6 *Proximate analysis*

Penentuan parameter untuk bahan bakar padat seperti briket, batubara, dan bahan bakar sejenis lainya memiliki parameter yang berbeda dengan bahan bakar cair maupun gas. Parameter yang digunakan adalah seperti nilai kalor (*Heating Value / Calorific Value)*, kadar air (*Moisture Content*), kadar abu (*Ash Content*), Zat yang mudah menguap (*Volatile Matter*), dan zat karbon yang terikat (*Fixed Carbon*). Semua parameter yang telah disebutkan termasuk dalam cakupan *proximate analysis*. Proximate *analysis* merupakan analisa bahan bakar terhadap sifat – sifat fisis pembakaran dari bahan bakar.

2.6.1 Nilai kalor (*Heating Value* / *Calorific Value*)

Nilai kalor bahan bakar terdiri dari HHV (*high heating value* / nilai kalor atas) dan LHV (*low heating value* / nilai kalor bawah). Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari 3,5-4,5°C dengan satuan

kalori. Nilai kalor tiggi atau *High Heating Value* (HHV) adalah banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar, tanpa adanya kandungan air pada bahan bakar. Nilai kalor rendah atau *Low Hating Value* (LHV) adalah banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar dan sebagaian dimanfaatkan untuk penguapan sehingga kandungan air pada bahan bakar akan habis. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kalor disebut bom kalorimeter. Nilai kalor hasil dari pembacaan bom kalorimeter merupakan nilai HHV. Hal ini dikarenakan kadar air yang terkandung oleh udara tidak diperhitungkan dalam bom kalorimeter. Untuk pengkonversian dari HHV menjadi LHV digunakan rumus berikut (Borman, 1998).

Rumus LHV (2.1)

$$LHV = HHV - 2{,}443\ x\ \left\{\frac{8{,}936\ x\ H}{100\ x\left(1-\frac{MC}{100}\right)} + \frac{MC}{100}\right\}$$

Dimana:

LHV = Nilai kalor bawah (MJ/Kg)

HHV = Nilai kalor atas (MJ/Kg)

H = Kadar hidrogen (%wt)

MC = *Moisture content* (%wt)

2.6.2 Kadar air (*Moisture Content*)

Kandungan air dalam bahan bakar, air yang terkandung dalam bahan bakar briket dinyatakan sebagai kadar air (Haygreen dkk,1989). Besarnya kadar air dapat dirumuskan sebagai berikut:

Rumus Moisture Content (2.2)

$$MC = \frac{A-B}{B}\ x\ 100\%$$

Dimana :

A= Berat sampel basah

B= Berat sampel kering

2.6.3 Kadar abu (*Ash Content*)

Abu atau disebut dengan bahan mineral yang terkandung dalam bahan bakar padat yang merupakan bahan yang tidak dapat terbakar dalam proses

pembakaran. Abu adalah bahan yang tersisa apabila bahan bakar padat (kayu) dipanaskan hingga berat konstan.

2.6.4 Zat yang mudah menguap (*Volatile Matter*)

Volatille matter merupakan salah satu karakteristik yang terkandung dari suatu briket. Komponen yang pertama adalah uap air muncul sesaat setelah temperatur mencapai 100°C untuk rentang temperatur operasi sampai 900°. Semakin banyak kandungan *volatille matter* pada briket maka akan semakin mudah briket untuk terbakar dan menyala, sehingga laju pembakaran semakin cepat.

2.6.5 Karbon yang terikat (*Fixed Carbon*)

Kandungan fixed carbon yaitu komponen yang bila terbakar tidak membentuk gas yaitu karbon tetap atau disebut FC (*Fixed Carbon*), atau dapat disebut kandungan karbon tetap yang terdapat pada bahan bakar padat yang berupa arang.

2.7 *Ultimate analysis*

Analisis ultimate dilakukan untuk menentukan unsur – unsur kimia seperti kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen, (N), dan sulfur (S) dalam bahan bakar. Kandungan Oksigen mungkin merupakan indikator yang paling signifikan dari sifat kimia bahan bakar padat, yaitu untuk keperluan penerapannya pada pembakaran, pencairan, dan pengkokasan, serta untuk menentukan peringkat. Kandungan oksigen secara tradisi dihitung sebagai *oxygen by different (O diff)* yaitu porsi sisa bahan bakar padat setelah dikurangi C, H, N dan S. Kandungan oksigen diperoleh secara tidak langsung sehingga mengakumulasi semua kesalahan yang terjadi dalam analisis unsur, dan dalam penentuan basis mineral-matter atau basis bebas mineral matter.

2.7.1 *Carbon* dan *Hydrogen*

Karbon dan hidrogen dibebaskan sebagai CO_2 dan H_2O ketika bahan bakar dibakar. CO_2 dapat berasal dari mineral karbonat yang ada, dan H_2O dapat berasal dari *inherent moisture*. Nilai kadar karbon ini semakin bertambah seiring dengan

meningkatnya kualitas bahan bakar padat. Kadar karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai *fuel ratio*.

2.7.2 Nitrogen

Kandungan nitrogen dari bahan bakar merupakan hal yang signifikan, khususnya dengan hubungan polusi udara. sehingga bahan bakar dengan nitrogen yang rendah lebih diharapkan pada industri, karena nitrogen menghasilkan emisi NO_x dengan kadar yang sangat rendah.

2.7.3 Oksigen

Oksigen merupakan komponen dari banyak campuran organik dan anorganik pada bahan bakar, sebagaimana kandungan moisture. Ketika bahan bakar teroksidasi, oksigen dapat hadir sebagai oksida, hidroksida dan mineral sulfat, seperti material orgaink yang teroksidasi. Perlu diingat bahwa oksigen merupakan indikator penting penentuan kualitas bahan bakar.