

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN MESIN BRIKET
HIDROLIK TEKAN UNTUK PEMBRIKETAN BIOMASSA
TERTOREFAKSI (*TORREFIED BIOMASS*)**

(Skripsi)

Disusun Oleh :

Kusuma Cakra Wardaya



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2019

ABSTRAK

RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN MESIN BRIKET HIDROLIK TEKAN UNTUK PEMBRIKETAN BIOMASSA TERTOREFAKSI (TORREFIED BIOMASS)

Oleh

KUSUMA CAKRA WARDAYA

Produk torefaksi tidak dapat disimpan dalam waktu yang lama. Pembriketan produk torefaksi adalah solusinya, nantinya briket digunakan untuk bahan bakar padat. Untuk membuat briket diperlukan mesin hidrolik tekan. Pada penelitian ini telah dilaksanakan tahapan-tahapan untuk membuat sebuah mesin hidrolik tekan untuk pembriketan biomassa tertorefaksi, dengan spesifikasi panjang 600 mm, lebar 600 mm, dan tinggi 1550 mm. Bentuk desain *two columns press* serta penggerak berupa pompa jenis *hydraulic hand pump* dengan beban maksimum yang dapat ditahan oleh rangka mesin hidrolik yakni sebesar 15 ton, dan faktor keamanan rata-rata pada batang penyangga mesin hidrolik tekan sebesar 1,5. Pada penelitian ini mesin hidrolik tekan digunakan untuk pembriketan dengan memvariasikan tekanan dan perekat pada briket, serta dilakukan beberapa pengujian briket seperti: *drop test*, dan *water resistant*. Didapatkan hasil penelitian briket yang paling tangguh adalah briket 2B, dimana pada pengujian drop test briket ini memiliki kehilangan material yang sedikit yaitu 0,06% dikarenakan pada briket ini dilakukan penambahan perekat. Pada pengujian ketahanan terhadap air yang paling tahan air adalah briket 9A dikarenakan biomassa torefaksi memiliki sifat hidrofobik, yaitu menolak air.

Kata kunci : Briket, Mesin Hidrolik, Rancang Bangun, Biomassa

ABSTRACT

BUILDING DESIGN AND TESTING OF HYDROLIC PRESS BRICKET MACHINE FOR BRIQUETTING TORREFIED BIOMASS

By

KUSUMA CAKRA WARDAYA

Torefaction products cannot be stored for a long time. Torefaction product briquetting is the solution, later the briquette is used for solid fuels. To make briquettes, a hydraulic press machine is needed. In this research, stages have been carried out to make a hydraulic press machine for torrefied biomass, with specifications of length of 600 mm, width of 600 mm, and height of 1550 mm. The design of the two column press and the drive is a hydraulic hand pump type with a maximum load that can be held by the hydraulic machine frame which is 15 tons, and the average safety factor on the hydraulic rod supporting machine is 1,5. In this research, a hydraulic press machine is used for briquetting by varying the pressure and adhesive on the briquette, as well as several briquette tests such as: drop test and water resistant. The results of the most formidable briquette research are briquettes 2B, where in the drop test this briquette has a slight material loss of 0,06% due to the addition of adhesive on this briquette. In the test of water resistance, the most water resistant is briquette 9A because torefaction biomass has hydrophobic properties, which is to reject water.

Keywords: Briquettes, Hydraulic Machines, Building Design, Biomass

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN MESIN BRIKET HIDROLIK
TEKAN UNTUK PEMBRIKETAN BIOMASSA TERTOREFAKSI
(TORREFIED BIOMASS)**

Oleh

KUSUMA CAKRA WARDAYA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2019

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN
MESIN BRIKET HIDROLIK TEKAN UNTUK
PEMBRIKETAN BIOMASSA TERTOREFAKSI
(TORREFIED BIOMASS)**

Nama Mahasiswa : **Kusuma Cakra Wardaya**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1315021036**

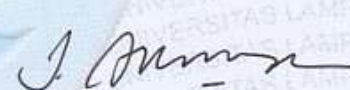
Jurusan : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Amrul, S.T., M.T.
NIP.19710331 199903 1 003


Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.
NIP.19690801 199903 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Amrul, S.T., M.T.
NIP.19710331 199903 1 003

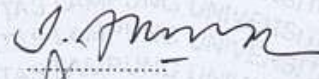
MENGESAHKAN

I. Tim Penguji

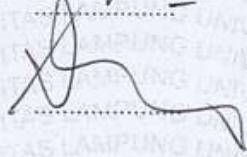
Ketua : **Dr. Amrul, S.T., M.T.**



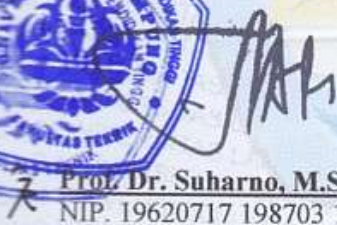
Anggota Penguji : **Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.**



Penguji Utama : **Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM**



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **02 Desember 2019**

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN
REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



Kusuma Cakra Wardaya
NPM. 1315021036

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gunung Raya, Provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 19 Juni 1995, yang merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara, dari pasangan Musngat dan Suhartini. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Gunung Terang pada tahun 2007, kemudian pendidikan Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 14 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2010 dan kemudian penulis melanjutkan pendidikan pada Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 3 Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2013. Selama masa sekolah, penulis mengikuti kegiatan ekstrakurikuler yaitu PASIS (Pasukan Inti Siswa), ROHIS dan ANSAMBLE. Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) secara tertulis.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Anggota Bidang Minat Bakat (2014 sd 2015), Anggota Bidang Organisasi dan Kepemimpinan (2015 s.d. 2016), lalu Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Teknik (DPM-FT) Universitas Lampung sebagai Anggota 1 (2015 s.d. 2016). Pada tahun 2017, penulis melakukan kerja praktik di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang, dengan topik bahasan yaitu Perhitungan Unjuk Kerja Pengoperasian Pompa Sentrifugal 107 JA Unit 2 Ammonia di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang. Kemudian penulis pernah menjadi asisten praktikum mekanika fluida pada tahun ajaran 2017/2018, dan asisten

praktikum fenomena dasar mesin pada tahun ajaran 2017/2018. Penulis juga pernah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Purwoadi, Kabupaten Lampung Tengah pada bulan Januari - Februari 2017. Pada tahun 2018 penulis melakukan Tugas Akhir (TA) pada bidang Konsentrasi Konversi Energi sebagai Tugas Akhir dengan judul “*Rancang Bangun Dan Pengujian Mesin Briket Hidrolik Tekan Untuk Pembriketan Biomassa Tertorefaksi (Torrefied Biomass)*” dibawah bimbingan Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T., serta Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., selaku dosen penguji. Dinyatakan lulus sidang skripsi pada tanggal 2 Desember 2019.

MOTTO

نَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

fa inna ma'al-'usri yusrā

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

Qs. Al-Insyirah: 5

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang senantiasa mencurahkan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Rancang Bangun dan Pengujian Mesin Briket Hidrolik Tekan Untuk Pembariketan Biomassa Tertorefaksi (*Torrefied Biomass*)”** dengan sebaik-baiknya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, baik berupa moril maupun materil dan bimbingan dari semua pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing utama Tugas Akhir, atas kesediaan dan keikhlasannya untuk berbagi ilmu, memberi dukungan, membimbing, memberi kritik maupun saran yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya.

2. Bapak Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing pendamping atas kesediaannya membimbing dan memberi masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, serta memberikan banyak motivasi dan semangat kepada penulis.
3. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc. selaku dosen pembahas dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, yang telah memberikan kritik dan saran yang bermanfaat bagi penulis.
4. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung, yang selalu memberikan semangat motivasi dan nasihat kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin yang banyak memberikan ilmu selama penulis melaksanakan studi, baik berupa materi perkuliahan maupun teladan dan motivasi sehingga dapat dijadikan bekal untuk terjun ke tengah masyarakat.
6. Keluarga tercinta, terutama untuk dua orang terhebat dalam hidup penulis, Bapak dan Ibu, juga kakak serta adik (Elyana Susanti, Sugeng Raharjo, Muhammad Safryzal) yang telah memberikan dukungan semangat, moril maupun materil serta selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis.
7. Nadya Putri Sesunan, partner yang selalu memberi semangat penulis dalam mengerjakan penelitian ini
8. Sepupu, Ridwan Saputra yang sudah banyak membantu penulis dalam mengerjakan penelitian ini.

9. Arizon, sahabat dan rekan tugas akhir yang sudah banyak membantu penulis dalam mengerjakan penelitian ini.
10. Tim torefaksi Alghozali Hasan, Ivan, yang sudah bekerja sama dalam mengerjakan proyek Torefaksi. Dan teman-teman padepokan Termodinamika.
11. Rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2013, Yogi, Aloj, Selviana, Aufadhia, Bintoro, Danu, dan lain-lain yang tidak bisa saya tuliskan satu persatu, terima kasih telah memberikan dukungan dan semangatnya.
12. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan serta kekurangan. Menyadari hal tersebut dengan segala kerendahan hati penulis akan menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca untuk kesempurnaan skripsi ini, yang tentunya akan lebih mendorong kemajuan penulis dikemudian hari.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Akhir kata penulis ucapkan termakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 08 Desember 2019
Penulis,

Kusuma Cakra Wardaya

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Biomassa	6
2.1.1 Biomassa Kulit Kopi	8
2.2 Torefaksi	9
2.2.1 Tujuan Torefaksi	10
2.2.2 Mekanisme Torefaksi	10
2.2.3 Pengeringan	12

2.2.4 Devolatilisasi	13
2.3 Briket	14
2.3.1 Faktor Pembriketan	14
2.3.1.1. Kadar Air Rendah	14
2.3.1.2. Kandungan dan Komposisi Abu	15
2.3.1.3. Karakteristik Aliran	16
a. Sekam Kopi	16
2.3.2 Aspek Pembriketan	17
2.3.2.1. Tekanan Pembriketan	17
2.3.2.2. Temperatur Pembriketan	21
2.3.3 Mekanisme Pengikatan	22
2.3.4 Karakteristik Pembriketan	24
2.3.4.1. Pengujian <i>Drop Test</i>	24
2.3.4.2. Ketahanan Terhadap Air (<i>water resistant</i>)	24
2.4. Pengenalan Mesin Pres Hidrolik	25
2.5. Klasifikasi Mesin Pres Hidrolik	27
2.5.1. <i>Round Column Press</i>	28
2.5.1.1. <i>Two Columns Press</i>	28
2.5.1.2. <i>Three Columns Press</i>	29
2.5.1.3. <i>Four Columns Press</i>	29
2.5.2. <i>Fabricated Column Press</i>	30
2.5.2.1. <i>Fabricated Four Column Press</i>	30
2.5.2.2. <i>Fabricated Two-Column Press or H-Frame Press</i>	31
2.5.3. <i>C-Frame Press</i>	32
2.5.4. <i>Close Frame Press</i>	32
2.5.5. <i>Fabcricated Chamber Press</i>	33
2.6. Perancangan Mesin Pres Hidrolik	33
2.6.1. Perancangan Mur dan Baut	33
2.7. Pembebanan	37
2.8. Tegangan dan Regangan	37
2.9. Faktor Keamanan	39
2.10. Pengertian <i>Principal Stress</i>	39

2.11. Perhitungan Rangka	41
III. METODELOGI PENELITIAN	43
3.1 Tahapan Penelitian	43
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	44
3.2.1 Tempat Penelitian	44
3.2.2 Waktu Penelitian	44
3.3 Alur Tahapan Pelaksanaan	45
3.4 Metode Rancang Bangun	46
3.4.1 Metode Desain	46
3.4.2 Identifikasi Masalah	47
3.4.3 Pemilihan Konsep	48
3.4.4 Pengambilan Keputusan	49
3.4.5 Permodelan	51
3.4.6 Detail Desain	51
3.5 Bahan Penelitian	53
3.5.1 Biomassa Kulit Kopi	54
3.5.2 Tepung Tapioka	54
3.5.3 Besi Canal U 120	55
3.5.4 Silinder Hidrolik	55
3.5.5 Mur dan Baut	56
3.5.6 Pompa Hidrolik	56
3.5.7 <i>Pressure Gauge</i>	57
3.5.6 Besi Pejal	58
3.6 Alat	58
3.6.1 Mesin Las	58
3.6.2 Mesin Bor	59
3.6.3 Mesin Gerinda Potong	60
3.6.4 Jangka Sorong	61
3.6.5 Meteran	62
3.6.6 Kunci Pas	63
3.6.7 Ayakan	63
3.6.8 Blender	63

3.7 Proses Perakitan Mesin	64
3.7.1 Merakit Rangka Mesin	64
3.7.2 Memasang Silinder Hidrolik	64
3.7.3. Memasang Pompa Hidrolik	65
3.7.4 Memasang Meja Pengepressan	65
3.8 Pembuatan Cetakan (<i>die</i>)Briket	66
3.9 Metode Pembuatan Spesimen	66
3.10 Metode Pengujian	68
3.10.1 Uji Ketahanan Terhadap Air	68
3.10.2 Pengujian <i>Drop Test</i>	69
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	70
4.1 Hasil Fabrikasi	70
4.2 Desain Mesin HidrolikTekan	71
4.3 Analisa Perwujudan Desain	72
4.3.1 Perhitungan Kapasitas Pompa	72
4.3.2 Perhitungan Baut	73
4.3.3 Perhitungan Desain Rangka	74
4.4 Hasil Pembuatan Briket	81
4.5 Hasil Pengujian	82
4.5.1 <i>Drop Test</i>	82
4.5.2 Pengujian Ketahanan Terhadap Air	85
4.6 Pembahasan	87
V. SIMPULAN DAN SARAN	89
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Analisis unsur khas Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa	14
Tabel 2. Kadar abu dari berbagai jenis biomassa	15
Tabel 3. Ukuran standar penggunaan mur kasar metris	35
Tabel 4. Bilangan kekuatan baut/sekrup mesin dan mur	36
Tabel.5. Spesifikasi desain produk	47
Tabel 6. Tabel morfologi untuk <i>mesin briket</i>	48
Tabel 7. Pengambilan konsep secara subjektif	49
Tabel 8. Konversi penilaian secara subjektif kualitatif ke kuantitatif	50
Tabel 9. Spesifikasi Pompa Hidrolik	57
Tabel 10. Spesifikasi mesin las	59
Tabel 11. Spesifikasi mesin bor	60
Tabel 12. Spesifikasi mesin gerinda potong	61
Tabel 13. Spesifikasi jangka sorong	62
Tabel 14. Spesifikasi meteran	62
Tabel 15. Spesifikasi <i>blender</i>	64
Tabel 16. Pengujian drop test	82
Tabel 17. Pengujian ketahanan terhadap air	85
Tabel 18. Semua hasil pengujian briket	87

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Siklus energi biomassa	8
Gambar 2. Tahapan proses torefaksi	12
Gambar 3. Mekanisme pengikat	19
Gambar 4. Mesin pres hidrolik (Khan Q.S)	26
Gambar 5. <i>Horizontal and vertical two column press</i> (Khan Q.S)	29
Gambar 6. <i>Horizontal three column press</i> (Khan Q.S)	30
Gambar 7. <i>Four column hydraulic press</i> (Khan Q.S)	30
Gambar 8. <i>Four column press</i> (Khan Q.S)	31
Gambar 9. <i>H-frame press</i> (Khan Q.S)	31
Gambar 10. <i>C-frame press</i> (Khan Q.S)	32
Gambar 11. <i>Close frame press</i> (Khan Q.S)	33
Gambar 12. <i>Extrusion press</i> (Khan Q.S)	33
Gambar 13. Ulir (Sularso, 2004)	34
Gambar 14. Jenis-jenis pembebanan (Zainuri, 2008)	37
Gambar 15. (Diagram tegangan regangan (Agustinus, 2009)	38
Gambar 16. Gambaran arah gaya normal dan gaya geser dua dimensi	40
Gambar 17. Gambaran arah gaya normal dan gaya geser tiga dimensi	40
Gambar 18. Gambaran kerangka mesin pres	41

Gambar 19. Tumpuan tetap-beban di tengah	42
Gambar 20. Diagram alir penelitian	43
Gambar 21. Diagram alir desain	46
Gambar 22. Desain mesin tekan briket	51
Gambar 23. Detail desain mesin tekan briket	52
Gambar 24. Detail dimensi mesin briket	53
Gambar 25. Biomassa kulit kopi	54
Gambar 26. Tepung tapioka	54
Gambar 27. Besi canal U 120	55
Gambar 28. Silinder hidrolik	56
Gambar 29. Mur dan baut	56
Gambar 30. Pompa hidrolik	57
Gambar 31. <i>Pressure gauge</i>	58
Gambar 32. Besi pejal	58
Gambar 33. Mesin las	59
Gambar 34. Mesin bor	60
Gambar 35. Mesin gerinda potong	60
Gambar 36. Jangka sorong	61
Gambar 37. Meteran	62
Gambar 38. Kunci pas	63
Gambar 39. Ayakan	63
Gambar 40. Blender	64
Gambar 41. Desain cetakan briket	66
Gambar 42. Tampilan bentuk mesin pres	70

Gambar 43. Desain rangka mesin hidrolik tekan	71
Gambar 44. Gambaran kerangka mesin pres	75
Gambar 45. Tumpuan tetap-beban di tengah	75
Gambar 46. Diagram gaya geser dan momen bending	77
Gambar 47. Konstruksi pembebanan profil U-120	77
Gambar 48. Hasil pembuatan briket menggunakan mesin hidrolik	81
Gambar 49. Grafik <i>drop test</i>	83
Gambar 50. Hasil <i>drop test</i> briket 2B	83
Gambar 51. Hasil <i>drop test</i> briket 7A	84
Gambar 52. Grafik pengujian ketahanan terhadap air	85
Gambar 53. Hasil pengujian ketahanan terhadap air	86

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi adalah hal yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup manusia, dimana energi selalu digunakan setiap saat oleh manusia. Energi terdiri dari beberapa macam energi, yaitu energi listrik, energi panas, dan lain-lain. Minyak bumi, batubara, ialah sumber energi yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dan energi panas. Penggunaan energi konvensional ini pun saat ini semakin menipis dan kebutuhan energi semakin meningkat. Di Indonesia sendiri cadangan energi semakin menipis, maka dari itu dibutuhkan energi alternatif lain.

Pada peraturan Pemerintah no. 30 tahun 2007 yang berisikan tentang Energi, dijelaskan bahwa cadangan sumber daya energi tak terbarukan terbatas, maka perlu adanya kegiatan penganeekaragaman sumber daya energi agar ketersediaan energi terjamin. Itu artinya perlu nya energi baru dan energi terbarukan di lakukan, salah satu energi terbarukan adalah Biomassa. Biomassa mempunyai potensi yang besar karena mempunyai jumlah yang melimpah di alam terutama di Indonesia. Biomassa adalah

suatu bahan berasal dari material organik yang dapat dijadikan sumber energi terbarukan.

Salah satu cara untuk mengolah biomassa jadi lebih bernilai adalah dengan melalui proses Torefaksi. Torefaksi adalah suatu proses pembakaran tanpa udara pada suhu 200 – 300 °C. Keuntungan dari proses torefaksi adalah pembakaran bahan bakar lebih bersih dan asap yang dihasilkan mengandung kandungan asam yang rendah, membutuhkan suhu yang relatif rendah yang otomatis menghemat energi bumi dan menyumbang banyak energi bagi bumi, ketika hasil dari torefaksi disimpan maka biomassa hasil torefaksi tersebut tidak lagi mengandung banyak *moisture*, dan dapat memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Hasil dari proses torefaksi ini adalah berupa bubuk biomassa yang nanti nya akan dibuat menjadi briket biomassa.

Briket dibuat dengan cara menekan bahan lalu dikeringkan dan menjadi blok yang keras. Bahan yang digunakan untuk pembuatan briket sebaiknya memiliki kadar air rendah untuk mencapai nilai kalor yang tinggi.

Mesin pembuat briket adalah mesin yang digunakan untuk memproses limbah dan residu usaha kehutanan dan pertanian menjadi briket. Sebelum dijadikan briket, bahan mentah harus diberikan perlakuan tertentu seperti pemurnian dan pengecilan ukuran partikel.

Untuk mendapatkan briket yang baik tentu nya dapat diketahui melalui beberapa parameter, dan pengujian untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Dari dasar inilah penulis tertarik untuk melakukan **“Rancang Bangun dan Pengujian Mesin Briket Hidrolik Tekan Untuk Pembriketan Biomassa Tertorefaksi”** guna untuk mendapatkan kualitas briket yang baik dan memenuhi kebutuhan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Rancang bangun mesin briket hidrolik tekan sebagai mesin pencetak briket biomassa hasil torefaksi dan non torefaksi untuk bahan bakar padat.
2. Mengetahui kualitas briket berdasarkan tekanan pembriketan dan campuran perekat terhadap ketangguhan, dan ketahanan terhadap air.

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, dilakukan pembatasan masalah dengan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Pada perancangan mesin briket tekan ini, digunakan untuk pembriketan dengan menambahkan cetakan (*die*)

2. Pemilihan alat hidrolik haruslah sesuai dengan kebutuhan, agar tekanan yang dilakukan tidak berlebih ataupun kekurangan
3. Alat press hidrolik harus memiliki *pressure gauge* untuk pengaturan variasi tekanan pada briket
4. Jarak antara cetakan dan batang penekan tidak terlalu jauh atau dekat
5. Cetakan briket (*die*) haruslah kuat dalam menahan tekanan hidrolik

1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan, menguraikan latar belakang masalah secara jelas, tujuan; yang memaparkan diadakannya penelitian ini, batasan masalah; yang diberikan pada penelitian agar hasil penelitian lebih terarah, sistematika penulisan; format yang dipakai pada penulisan laporan.

Bab II Tinjauan Pustaka, berisi landasan teori yang menunjang pada penelitian dan merupakan teori-teori dasar yang meliputi: penjelasan tentang biomassa, torefaksi, briket, mesin briket, perancangan mesin briket, serta parameter mesin briket.

Bab III Metodologi, berisi tempat dan waktu penelitian akan dilakukan, dan alur tahapan pelaksanaan penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan, berisi tentang hasil rancangan mesin briket dan analisis gaya pada mesin briket serta hasil pengujian briket, pengujian *drop test* dan pengujian ketahanan terhadap air.

Bab V Penutup, berisi kesimpulan dan saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biomassa

Biomassa adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan semua bahan organik yang dihasilkan oleh proses fotosintesis, yang ada di permukaan bumi. Mencakup semua vegetasi air, tanah, pohon-pohon, dan semua limbah biomassa seperti limbah padat (MSW), biosolid kota (limbah), dan limbah hewan (pupuk), kehutanan, residu pertanian, dan beberapa jenis limbah industri. Pasar energi dunia sangat bergantung pada bahan bakar fosil. Biomassa adalah satu-satunya bahan alami yang mengandung sumber daya energi, dan bahan karbon lain yang cukup besar untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Melalui proses fotosintesis, klorofil pada tanaman menangkap energi matahari dengan mengkonversi karbon dioksida dari udara dan air dari tanah menjadi karbohidrat, yaitu, senyawa kompleks yang terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen. Ketika karbohidrat ini dibakar, mereka kembali menjadi karbon dioksida dan air, lalu melepaskan energi matahari yang dikandungnya. Dengan cara ini, fungsi biomassa adalah sebagai baterai alami untuk menyimpan energi surya.

Eksplorasi energi dari biomassa telah memainkan peran kunci dalam evolusi manusia. Sampai saat ini biomassa adalah satu-satunya bentuk energi yang dimanfaatkan oleh manusia dan masih merupakan sumber energi utama bagi lebih dari setengah populasi dunia. Salah satu bentuk yang paling sederhana dari biomassa adalah pembakaran api terbuka, yang panasnya bisa digunakan untuk memasak, pemanasan air atau pemanasan udara di rumah. Dibutuhkan teknologi yang canggih untuk mengekstrak energi ini untuk mengubahnya menjadi energi panas yang berguna atau dalam cara yang lebih efisien. Pada pertengahan 1800-an, biomassa, terutama biomassa kayu, dimanfaatkan oleh Amerika Serikat lebih dari 90% untuk kebutuhan energi dan bahan bakar, setelah penggunaan energi biomassa mulai berkurang sebagai bahan bakar, bahan bakar fosil menjadi sumber energi yang sangat disukai. Namun bahan bakar fosil yang saat ini kita gunakan memiliki dampak merugikan terhadap lingkungan, diharapkan karena dampak yang merugikan ini, menjadikan kekuatan pendorong transformasi peralihan dari bahan bakar fosil ke bahan bakar biomassa untuk menjadi salah satu sumber daya energi yang dominan.

Tidak seperti bahan bakar fosil, biomassa terbarukan hanya memerlukan waktu singkat untuk digunakan sebagai sumber energi. Biomassa juga merupakan satu-satunya sumber energi terbarukan yang melepaskan karbon dioksida. Namun faktanya, biomassa membutuhkan karbon dioksida dari atmosfer untuk menyimpan energi selama fotosintesis. Jika sumber daya biomassa digunakan secara berkelanjutan, tidak ada emisi karbon bersih

selama waktu siklus produksi biomassa. Gambar 1 menunjukkan siklus energi biomassa dan cara biomassa digunakan untuk pembangkit energi dalam skema ramah lingkungan (Mohammad Shahidehpour, 2005).



Gambar 1. Siklus Energi Biomassa

2.1.1. Biomassa Kulit Kopi

Penelitian ini menggunakan kulit kopi sebagai bahan baku pembuatan briket arang biomassa. Alasan penggunaan kulit kopi berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh Bagus Setyawan, Rosiana Ulfa Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas PGRI Banyuwangi, limbah biomassa tersebut layak untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan briket arang, bahkan briket kulit kopi lebih baik dibandingkan briket biomassa lainnya seperti ampas tebu, tonggol jagung, sekam padi dan lain-lain. Selain itu penelitian ini dilakukan di Lampung, dimana Lampung

merupakan salah satu produsen kopi terbesar di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2017 luas area tanaman kopi robusta di Lampung adalah 173.690 hektar (BPS, 2017).

2.2. Torefaksi

Torefaksi adalah pirolisis parsial biomassa yang dilakukan di bawah tekanan atmosfer atau pirolisis tanpa oksigen pada kisaran suhu 200-300°C, dan di bawah lingkungan inert (Bergman et al., 2005). Ini menghasilkan tiga produk utama seperti produk warna gelap solid, produk warna berair asam kekuningan, dan produk gas tidak terkondensasi. Torefaksi biasanya dilakukan pada tingkat pemanasan rendah, yang memberikan hasil produk padat lebih tinggi (Deng et al., 2009). Tidak seperti pirolisis, tujuan torefaksi adalah memaksimalkan hasil padat. Dekomposisi, devolatilisasi dan depolimerisasi adalah tiga reaksi yang terjadi selama proses torefaksi. Proses ini banyak mengandung hidrokarbon, hidrogen, oksigen, dan beberapa lainnya, kandungan karbon dari biomassa di bentuk dari air, karbon monoksida, dan karbon dioksida (Pach et al., 2002). Selama proses torefaksi, pengeringan merusak intra-molekul ikatan hidrogen, C-O, dan C-H (Tumuluru et al., 2011). Ini mengarah pada emisi senyawa hidrofilik dan oksigen, membentuk energi hidrofobik menghasilkan produk padat yang menghitam.

2.2.1. Tujuan Torefaksi

Motif utama dari torefaksi adalah untuk meningkatkan kualitas bahan bakar biomassa menjadi konversi termokimia. Biomassa yang terbakar dapat digunakan dalam *briquetting*, *pelletization*, gasifikasi, dan daya panas (Bridgeman et al., 2010). Torefaksi biomassa merusak keuletan dan struktur berserat dari biomassa, dan juga meningkatkan energi massa jenisnya. Banyak dari peningkatan ini membuat biomassa hasil torefaksi lebih sesuai dari pada biomassa mentah untuk pembakaran dipembangkit listrik batubara konvensional, dengan minormodifikasi (Clausen et al., 2010). Penghapusan *volatile* (gas ringan) selama torefaksi mengarah ke penurunan rasio O/C, dan meningkatkan kepadatan energi biomassa. Kerugian karbonil dan gugus karboksil dari selulosa, gugus karboksil dari hemiselulosa, dan cincin aromatik dan kelompok *methoxyl* dari lignin adalah sumber utama kehilangan massa selama perlakuan panas biomassa (Yang et al., 2007).

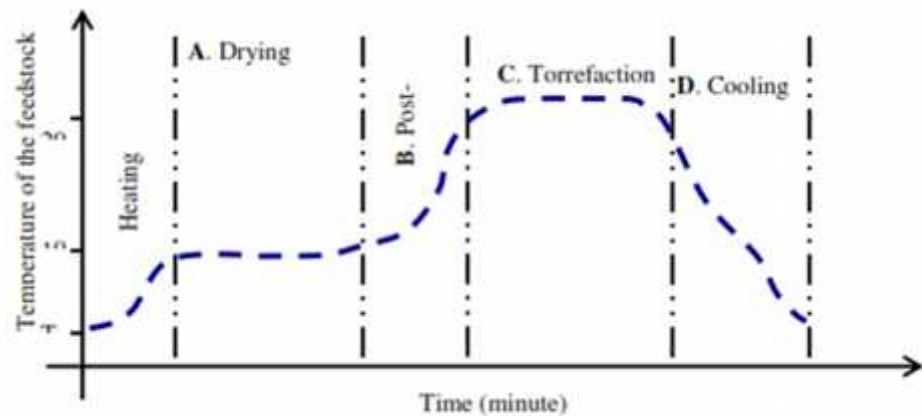
2.2.2. Mekanisme Torefaksi

Dalam proses torefaksi, perubahan mayor dan transformasi yang terjadi di dalam biomassa dapat diprediksi, dengan memahami tiga perilaku konstituen polimerik. Misalnya, komponen hemiselulosa yang sangat reaktif mengalami dekomposisi dan devolatilisasi, dan sebagian besar berkontribusi atas kehilangan massa pada proses

torefaksi. Karena itu, bahan biomassa dengan konten hemiselulosa tinggi memiliki hasil produk padat yang lebih rendah dibandingkan dengan biomassa dengan hemiselulosa rendah. Asam asetat dan metanol dari kelompok asetoksi dan metoksi adalah konstituen utama dari gas volatil yang dilepaskan selama degradasi termal hemiselulosa (Prins et al., 2006). Namun, hanya sebagian kecil selulosa yang terdegradasi dalam rentang temperatur torefaksi (200-300°C), uap air dan asam dilepaskan dari hemiselulosa juga dapat meningkatkan degradasi selulosa. Lignin memiliki lebih banyak karbon dari pada dua lainnya. Produk padat dengan kandungan karbon lebih tinggi menghasilkan produk padat energi setelah torefaksi.

Torefaksi kering terdiri dari empat langkah-langkah sederhana (gambar 2) seperti:

- a. Pengeringan, dimana hanya permukaan kelembabannya dihilangkan
- b. Pengeringan awal, dimana kelembaban serta beberapa hidrokarbon dihilangkan,
- c. Torefaksi - pemanasan isothermal – pemasok panas, menetapkan depolimerisasi, devolatilisasi parsial, dan reaksi karbonisasi parsial
- d. Proses pendinginan (hingga suhu ambien, T)



Gambar 2. Tahapan Proses Torefaksi

Waktu siklus keseluruhan proses torefaksi kering adalah penjumlahan waktu pengeringan, pasca pengeringan, torefaksi dan proses pendinginan. Seperti yang bisa dilihat pada gambar 2, suhu tetap tidak berubah selama pengeringan. Perusakan torefaksi mulai di atas suhu 200°C, durasi torefaksi, yang dikenal sebagai tempat waktu tinggal, biasanya diukur ketika suhu biomassa melebihi suhu itu (Basu, 2013). Sedangkan torefaksi basah menggunakan konsep kelarutan komposisi yang berbeda dari biomassa dalam larutan panas dan berair, torefaksi kering ditandai oleh degradasi termal dari polimer konstituen biomassa. Degradasi biomassa selama torefaksi kering, terjadi melalui pengeringan dan devolatilisasi proses.

2.2.3. Pengeringan

Pengeringan adalah hal yang utama dan paling intensif dalam proses torefaksi. Proses pengeringan mengacu pada proses penghilangan air di permukaan yang terikat dari biomassa mentah. Pengeringan

biomassa dalam kisaran suhu 50-150°C dikenal sebagai pengeringan non-reaktif, ketika menghilangkan air dipermukaan, mengakibatkan penyusutan ukuran produk (Tumuluru et al., 2011). Pengeringan yang tidak reaktif diikuti oleh pengeringan yang reaktif di kisaran suhu 150-200°C dimana terjadi kerusakan hidrogen, dan terjadi ikatan karbon. Fase ini ditandai dengan deformasi struktural permanen. Pengeringan reaktif secara substansial menghilangkan air yang terikat dari biomassa.

2.2.4. Devolatilisasi

Devolatilisasi dapat didefinisikan sebagai proses pengeluaran oksigen dan penguapan isi biomassa. Biasanya terjadi pada biomassa di atas suhu 200°C di mana *volatile* (baik gas maupun tar) meninggalkan matriks solid biomassa (Van de Weerdhof, 2010). Juga dikenal sebagai proses pengeringan yang merusak, yaitu ditandai dengan devolatilisasi dan karbonisasi hemiselulosa, depolimerisasi, devolatilisasi, dan pelunakan lignin, serta depolimerisasi dan devolatilisasi selulosa. Biomassa yang dibekukan selalu mengandung beberapa masalah ketidakstabilan, tidak seperti arang yang dihasilkan dari proses pirolisis. Berikut contoh Tabel unsur khas lignin, selulosa dan hemiselulosa pada tabel 1:

Tabel 1. Analisis Unsur Khas Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa

Constituents of biomass cells	Ultimate analysis (wt. %, dry basis)				
	C	H	O	N	S
Lignin	57.70	4.38	34.00	0.11	3.22
Cellulose	42.96	6.30	50.74	0.00	0.00
Hemicellulose (xylan)	43.25	6.20	49.90	0.00	0.00

Source: Pasangulapati et al. (2012)

2.3. Briket

Briket adalah sebuah blok bahan yang dapat dibakar, digunakan sebagai bahan bakar untuk memulai dan mempertahankan nyala api. Briket yang paling umum digunakan adalah briket batu bara, briket arang, briket gambut, dan briket biomassa.

2.3.1. Faktor Pembriketan

Ada banyak faktor yang perlu dipertimbangkan sebelum biomassa memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku briket. Terlepas dari ketersediaannya dalam jumlah besar, biomassa harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

2.3.1.1. Kadar air rendah

Kadar air harus serendah mungkin, umumnya dalam kisaran 10-15 persen. Tinggi kadar air akan menimbulkan masalah

dalam penggilingan dan membutuhkan energi yang berlebihan pada pengeringan.

2.3.1.2. Kandungan dan komposisi abu

Residu biomassa biasanya memiliki kandungan abu yang jauh lebih rendah (kecuali untuk sekam padi dengan abu 20%) tetapi abu memiliki persentase lebih tinggi dari mineral alkali, terutama kalium. Konstituen ini memiliki kecenderungan untuk devolatalisasi selama pembakaran dan mengembun pada tabung, terutama dari pemanas. Konstituen ini juga menurunkan suhu sintering abu, yang mengarah ke endapan abu pada permukaan yang terkena boiler. Kandungan abu dari beberapa jenis biomassa diberikan pada tabel 2.

Tabel 2. Kadar abu dari berbagai jenis biomassa

Biomass	Ash content (%)	Biomass	Ash content (%)
Corn cob	1.2	Coffee husk	4.3
Jute stick	1.2	Cotton shells	4.6
Sawdust (mixed)	1.3	Tannin waste	4.8
Pine needle	1.5	Almond shell	4.8
Soya bean stalk	1.5	Areca nut shell	5.1
Bagasse	1.8	Castor stick	5.4
Coffee spent	1.8	Groundnut shell	6.0
Coconut shell	1.9	Coir pith	6.0
Sunflower stalk	1.9	Bagasse pith	8.0
Jowar straw	3.1	Bean straw	10.2
Olive pits	3.2	Barley straw	10.3
Arhar stalk	3.4	Paddy straw	15.5
Lantana camara	3.5	Tobacco dust	19.1
Subabul leaves	3.6	Jute dust	19.9
Tea waste	3.8	Rice husk	22.4
Tamarind husk	4.2	Deoiled bran	28.2

Kandungan abu dari berbagai jenis biomassa adalah indikator perilaku slagging dari biomassa. Umumnya, semakin besar

kadar abu, semakin besar perilaku *slagging*. Tapi ini tidak berarti bahwa biomassa dengan kandungan abu yang lebih rendah tidak akan menunjukkan perilaku *slagging*. Pada suhu operasi, komposisi mineral dari abu dan persentasenya digabungkan untuk menentukan perilaku *slagging*. Jika kondisinya memungkinkan, maka derajat *slagging* akan menjadi lebih besar. Mineral SiO_2 , Na_2O dan K_2O lebih merepotkan. Banyak penulis telah mencoba untuk menentukan suhu abu pengalengan tetapi mereka belum berhasil karena kompleksitas yang terlibat. Biasanya *slagging* terjadi dengan bahan bakar biomassa mengandung lebih dari 4% bahan bakar abu dan non-*slagging* dengan kadar abu kurang dari 4%. Menurut komposisinya, mereka dapat disebut sebagai bahan bakar dengan tingkat *slagging* yang parah atau moderat.

2.3.1.3. Karakteristik aliran

Bahan harus granular dan seragam sehingga dapat mengalir dengan mudah di bunker dan penyimpanan silo. Beberapa residu agro yang sesuai dijelaskan di bawah ini.

- a. Sekam kopi: Bahan yang sangat baik untuk briket memiliki abu rendah dan tersedia dengan 10 persen

kandungan air. Bahannya tersedia di area penanaman kopi di Karnataka dan Kerala.

2.3.2. Aspek Pembriketan

Dalam pembriketan terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan, agar pembriketan dapat terlaksana dengan baik, berikut aspek-aspek pembriketan:

2.3.2.1. Tekanan Pembriketan

Tekanan dapat didefinisikan sebagai gaya per satuan luas, biasanya tekanan digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan ataupun gas. Unit standar tekanan adalah Newton per meter persegi (N/m^2). Untuk objek yang berada di permukaan, gaya yang menekan permukaan adalah berat objek, tetapi dalam orientasi yang berbeda memiliki area yang berbeda dalam kontak dengan permukaan dan oleh karena itu terdapat tekanan yang berbeda. Berikut persamaan dari tekanan:

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana,

P = Tekanan atau *Pressure* (Pa atau N/m^2)

F = Gaya atau *Force* (Newton)

A = Luas Permukaan atau *Area* (m^2)

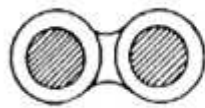
Densifikasi biomassa merupakan suatu teknologi untuk konversi biomassa menjadi bahan bakar. Teknologi ini juga dikenal sebagai *briquetting* dan meningkatkan karakteristik bahan untuk mempermudah pengiriman, penyimpanan dll. Teknologi ini dapat membantu dalam memperluas penggunaan biomassa dalam produksi energi, karena densifikasi meningkatkan nilai kalor volumetrik dari bahan bakar, mengurangi biaya transportasi dan dapat membantu dalam memperbaiki situasi bahan bakar di daerah pedesaan. Briket adalah salah satu dari beberapa teknik aglomerasi yang secara luas dicirikan sebagai teknologi densifikasi.

Residu Aglomerasi dilakukan dengan tujuan membuatnya lebih padat untuk digunakan dalam produksi energi. Bahan mentah untuk briket termasuk limbah dari kayu industri, biomassa lepas dan produk limbah mudah terbakar lainnya. Atas dasar pemadatan, teknologi *briquetting* dapat dibagi menjadi:

- a. Pemadatan tekanan tinggi
- b. Pemadatan tekanan sedang dengan alat pemanas
- c. Pemadatan tekanan rendah dengan pengikat.

Dalam semua teknik pemadatan ini, partikel padat adalah bahan awal. Individu partikel masih dapat diidentifikasi sampai batas tertentu dalam produk akhir. Briket dan ekstrusi

keduanya mewakili pemadatan yaitu, menekan bersama partikel dalam volume terbatas. Jika bahan yang berubah bentuk di bawah tekanan tinggi, ditekan, tidak ada pengikat yang diperlukan. Kekuatan *compacts* seperti ini disebabkan oleh gaya Van der Waals, gaya valensi, atau *interlocking* (saling mengunci). Komponen material alam dapat diaktifkan oleh kekuatan tekanan tinggi yang berlaku untuk menjadi pengikat. Beberapa bahan membutuhkan pengikat bahkan di bawah kondisi tekanan tinggi. Gambar 3. menunjukkan beberapa mekanisme pengikatan.



Binder pengerasan



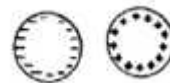
Gaya molekuler

Binder sangat kental (Gaya Van der Waals)

Lapisan adsorpsi



Bentuk ikatan tertutup



Gaya Elektrostatis

(saling mengunci)

Gambar 3. Mekanisme pengikat

Gambar 3. menunjukkan beberapa macam mekanisme pengikatan, pada mekanisme pengikat ada beberapa pengaruh pengikatan, yaitu binder pengerasan, gaya Van der Wall's, *Interlocking*, dan gaya elektrostatis. Pada Binder pengerasan, pemberian bahan pengikat pada biomassa dapat mempengaruhi penyatuan bahan. Lalu ada pengaruh gaya Van der Wall's, gaya Van der Wall's adalah gaya tarik menarik antar molekul yang sama, gaya ini sangat mempengaruhi penyatuan bahan pada pembriketan, dimana molekul-molekul biomasa akan saling menarik yang akhirnya menyebabkan penyatuan molekul pada biomasa dan terjadilah briket. *Interlocking* (saling mengunci), pada fenomena ini, biomassa akan saling mengunci satu sama lain yang diakibatkan karena tekanan tinggi. Lalu selanjutnya gaya elektrostatis, gaya ini diakibatkan karena timbulnya dua benda yang memiliki muatan listrik statis, pada pembriketan, biomassa akan saling terikat karena adanya kutub positif dan negatif pada muatan listrik biomassa.

Dari penelitian Iis Siti Aisyah, Universitas Muhammadiyah Malang tahun 2017, digunakan tekanan pada 100 kg/cm^2 , 200 kg/cm^2 , 300 kg/cm^2 , 400 kg/cm^2 , dan 500 kg/cm^2 dimana untuk lama pembakaran tertinggi didapatkan pada tekanan pengepresan 500 kg/cm^2 dengan lama pembakaran 40 menit

21 detik. Sedangkan yang terpendek adalah untuk tekanan pengepresan 100 kg/cm^2 dengan lama pembakaran 28 menit 38 detik. Nilai porositas tertinggi didapatkan dengan tekanan pengepresan 100 kg/cm^2 dengan nilai 77,32%. Sedangkan nilai porositas terendah, yaitu sebesar 43,56%, didapatkan dari tekanan pengepresan 500 kg/cm^2 . (Iis Siti Aisyah, 2017)

2.3.2.2. Temperatur Pembriketan

Temperatur pembriketan mempengaruhi perekatan dalam pembriketan, dimana tujuan pemanasan untuk mengaktifkan perekat alami (lignin & hemiselulosa) yang terdapat pada bahan baku. Perekat alami yang terdapat dalam biomassa dapat diaktifkan dengan cara menaikkan temperatur. Lignin mempunyai sifat amorphous thermoplastic yang dapat diaktifkan melalui tekanan kompaksi yang rendah dan temperatur sekitar 60°C - 90°C . Aktivasi perekat alami dengan tekanan kompaksi tinggi dan menaikkan temperatur mampu untuk memproduksi briket dan pellet yang mempunyai durabilitas tinggi (Danang Dwi Saputro, 2012)

Pada penelitian, Harwin Saptoadi, Fauzun, Staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM, cetakan dipanaskan terlebih dahulu sehingga temperatur cetakan menjadi 120°C dengan cara mengatur termokontroler pada

temperatur 120°C dan temperatur bahan baku diseragamkan pada temperatur 80°C. Pembriketan dilakukan dengan cara pengepresan pada tekanan 200 kg/cm², 300 kg/cm² dan 400 kg/cm² dengan waktu penahan 1 menit dan dibuat tanpa perekat. Pada penelitian ini didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa densitas naik seiring dengan naiknya tekanan kompaksi tetapi tidak berpengaruh terhadap nilai kalor briket tetapi berpengaruh terhadap energi densitas. Pembuatan briket dengan metode cetak panas mampu untuk meniadakan bahan perekat berbahan dasar air sehingga proses pembuatan briket lebih cepat, briket langsung dapat digunakan tanpa proses pengeringan dan mampu mempertahankan nilai kalor bahan baku.

2.3.3. Mekanisme Pengikatan

Untuk memahami kesesuaian biomassa untuk briket, penting untuk mengetahui sifat fisik dan kimia dari biomassa sebagai bahan bakar. Sifat fisik termasuk kadar air, *bulk density*, void volume dan sifat termal. Karakteristik kimia penting termasuk analisis proksimat, dan analisa nilai kalor. Sifat fisik penting dalam mekanisme pengikatan densifikasi biomassa. Densifikasi biomassa di bawah tekanan tinggi mengakibatkan peningkatan adhesi antara partikel, membentuk ikatan intermolecular di bidang kontak.

Dalam kasus biomassa, mekanisme pengikatan berada di bawah tekanan tinggi dapat dibagi menjadi kekuatan adhesi dan kohesi, kekuatan menarik antara partikel padat, dan ikatan *interlocking*. Media ikatan viskos tinggi, seperti tar dan cairan organik berat molekul lainnya dapat terbentuk obligasi padat.

Gaya adhesi padat dan gaya kohesi dalam padatan digunakan sepenuhnya untuk mengikat. Lignin dari biomassa/kayu juga dapat membantu pengikatan. Padatan yang terpisah dengan mudah menarik atom atau molekul bebas dari keadaan di sekitarnya. Lapisan adsorpsi tipis yang terbentuk tidak dapat bergerak bebas. Namun, mereka dapat terhubung atau menembus satu sama lain. Pelunakan lignin pada suhu tinggi dan kondisi tekanan membentuk lapisan adsorpsi dengan bagian yang padat. Penerapan gaya eksternal seperti tekanan dapat meningkatkan area kontak yang menyebabkan gaya molekul meningkatkan kekuatan antar ikatan. Mekanisme pengikatan lain adalah gaya Van der Waals. Serat atau partikel besar dapat saling mengikat atau melipat satu sama lain sebagai hasil pembentukan obligasi *interlocking* atau *form-closed*. Kekuatan gumpalan yang dihasilkan hanya bergantung pada jenis interaksi dan karakteristik material.

2.3.4. Karakteristik Pembriketan

Untuk mengetahui kualitas briket yang baik penting untuk mengetahui karakteristik pembriketan, karakteristik pembriket terdapat beberapa macam yaitu:

2.3.4.1. Pengujian *Drop Test*

Pengujian drop test menggunakan metode ASTM D 440-86

$$R02. \text{ Shatter Index (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

A = Berat briket sebelum dijatuhkan (gram)

B = Berat briket setelah dijatuhkan (gram)

Mula-mula spesimen ditimbang menggunakan timbangan untuk menentukan berat awal, kemudian briket dijatuhkan pada ketinggian 1,8 meter dengan permukaan landasan harus rata dan halus. Setelah dijatuhkan, spesimen ditimbang ulang untuk mengetahui berat yang hilang dari briket. Setelah mengetahui seberapa prosentase yang hilang. Kita dapat mengetahui kekuatan spesimen terhadap benturan. Apabila partikel yang hilang terlalu banyak, berarti spesimen yang dibuat tidak tahan terhadap benturan.

2.3.4.2. Ketahanan terhadap air (*water resistant*)

Sifat ketahanan terhadap air (*water resistant*) merupakan sifat fisik dari briket biomasa yang mengukur tingkat daya serap briket terhadap air, dimana briket biomasa yang mempunyai sifat ketahanan terhadap air yang baik adalah

briket biomasa yang mempunyai nilai daya serap air kecil. Pengujian ketahanan terhadap air (*water resistant*) dilakukan dengan mengadopsi prosedur penelitian yang telah dilakukan oleh Ricards, S.R (1989). Prosedur pengujiannya yaitu:

- a. Menimbang masa awal briket
- b. Merendam briket didalam air selama 30 menit.
- c. Menimbang masa akhir briket setelah 30 menit.
- d. Mencatat perubahan masa briket

Perhitungan index ketahanan air (*water resistant indeks*) briket dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$WRI = 100 \% - \% \text{penyerapan} \dots\dots\dots(3)$$

$$\% \text{penyerapan} = \frac{m_b - m_a}{m_a} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

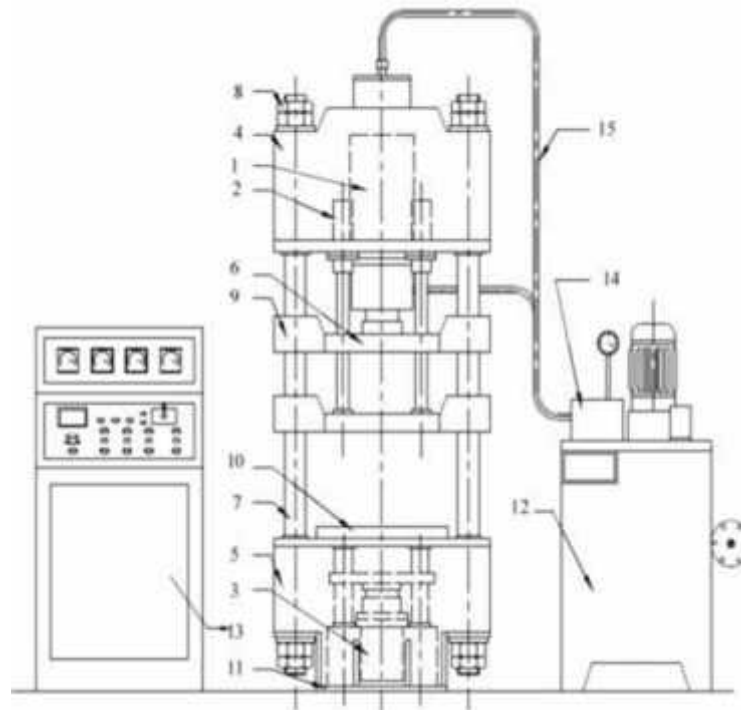
m_b : masa akhir briket setelah diredam 30 menit (kg)

m_a : masa awal briket sebelum direndam (kg)

2.4. Pengenalan Mesin Pres Hidrolik

Penerapan prinsip kerja hidrolika telah banyak diaplikasikan terhadap banyak produk industri, salah satunya adalah mesin pres hidrolik. Berikut

merupakan komponen-komponen penyusun yang ada pada mesin pres hidrolik pada gambar 4.



Gambar 4. Mesin pres hidrolik (Khan Q.S)

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1. Silinder utama | 9. Sisi penyangga (untuk piar) |
| 2. Silinder penahan | 10. Meja pengepresan |
| 3. Silinder <i>ejector</i> | 11. Plat dasar |
| 4. Pelat atas/silinder atas | 12. Unit daya |
| 5. Pelat bawah/rangka bawah | 13. Panel pengendali |
| 6. Pelat bergerak | 14. Katup |
| 7. Pilar kolom | 15. Pipa |
| 8. Mur utama dan mur tambahan | |

2.5. Klasifikasi Mesin Pres Hidrolik

Secara keseluruhan semua mesin pres mempunyai konstruksi yang hampir sama Yakni dengan menyisakan empat komponen utama pembentuk mesin pres, yaitu:

a. Silinder hidrolik

Silinder hidrolik bertugas mengubah energi tekanan pada fluida hidrolik kedalam gaya penekanan.

b. Rangka/*body*

Rangka berfungsi menahan gaya yang bekerja pada silinder hidrolik.

c. Unit daya

Pada bagian ini unit daya bertugas mengirimkan tekanan fluida hidrolik kedalam silinder dengan melakukan pengaturan tekanan dan aliran.

d. Panel pengendali

Panel pengendali bertugas bertanggung jawab pada seluruh operasi dan pengontrol kinerja dari mesin pres.

Selain itu, mesin pres sendiri didesain dan dibuat dengan beragam bentuk dan ukuran tergantung spesifikasi produk, keakuratan, keperluan, dan harga. Berdasarkan bentuk yang ada, desain mesin pres dapat dibagi menjadi beberapa kategori yaitu:

- *Round column press*
- *Fabricated column press*
- *Close frame press*

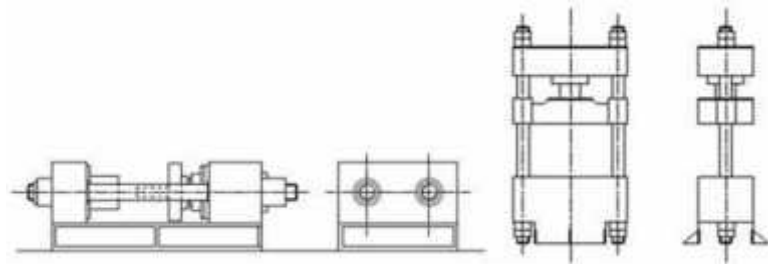
- *C-frame press*
- *Fabricated chamber press*

2.5.1. *Round Column Press*

Round column press merupakan salah satu dari jenis mesin pres dimana pada jenis ini pada bagian plat atas dan bawah dapat dibuat melalui proses pabrikasi ataupun dibuat secara mandiri melalui proses permesinan lalu disatukan menggunakan pilar/kolom dan baut. Selain komponen yang dapat dirakit sendiri, mesin pres dengan tipe ini juga mempunyai keakuratan yang cukup baik. *Round column press* dapat dibagi menjadi tiga kategori yakni: *two columns press*, *three columns press*, dan *four columns press*.

2.5.1.1. *Two Columns Press*

Pada kasus *two columns press*, bagian atas dan bawah plat disatukan menggunakan dua pilar/kolom. Sehingga untuk mesin pres tipe ini dibutuhkan tingkat keakuratan yang tinggi dalam menentukan titik pusat beban silinder. Karena saat dilakukan pengepresan pusat pembebanan akan berada ditengah silinder utama. Sebagai contoh penggunaan tipe ini dapat dilihat pada gambar 5.

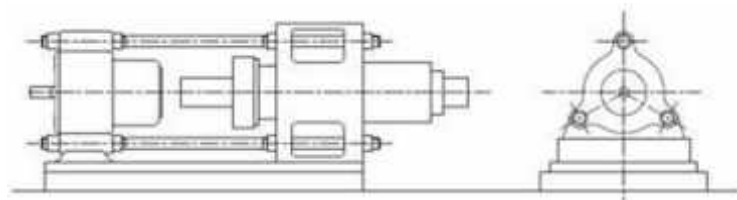


Gambar 5. *Horizontal and vertical two column press*

(Khan Q.S)

2.5.1.2.Three Column Press

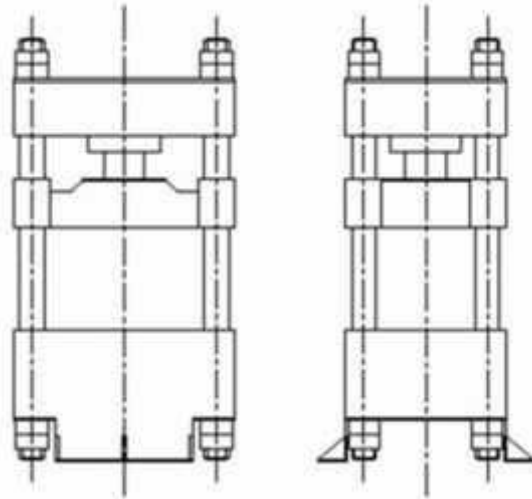
Pada *three column press*, bagian plat atas dan bawah dihubungkan menggunakan tiga pilar/kolom. Aluminium menjadi material yang biasa digunakan dalam mesin pres jenis ini. Selain itu juga pada *three column press* biasa menggunakan bentuk horizontal untuk diproduksi masal seperti pada gambar 6, sebagai berikut:



Gambar 6. *Horizontal three column press* (Khan Q.S)

2.5.1.3.Four Column Press

Pada *four column press* plat bagian atas dan bawah disambungkan menggunakan empat pilar/kolom. Tipe ini banyak digunakan pada industri, sebagai contoh penerapan mesin pres tipe ini adalah *penggunaan plastic injection moulding machine* seperti pada gambar 7.



Gambar 7. *Four column hydraulic press* (Khan Q.S)

2.5.2. *Fabricated Column Press*

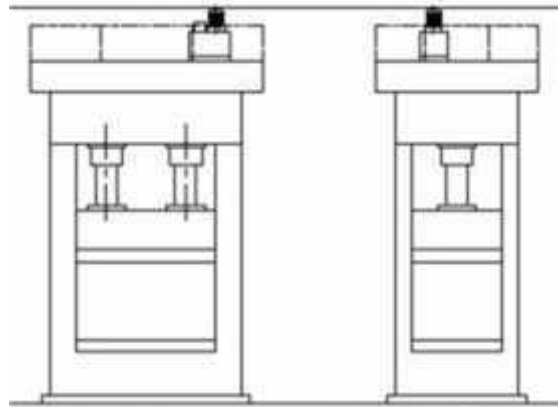
Pada tipe ini bagian atas dan bawah plat disambungkan secara permanen menggunakan sambungan las. Penggunaan *fabricated column press* lebih ekonomis dan mampu menahan defleksi lebih baik jika dibandingkan dengan *round column press*. Untuk *fabricated column press* ini juga dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:

- *Fabricated four-column press*
- *Fabricated two-column press or H-frame press*

2.5.2.1. *Fabricated Four Column Press*

Kapasitas yang besar pada mesin press hidrolik dengan desain kerja yang luas merupakan ciri dari *fabricated four column press*. Penggunaan desain yang luas ini dibuat untuk mempermudah pekerja dalam melakukan pengecekan selama proses pengepresan berlangsung dari berbagai sisi.

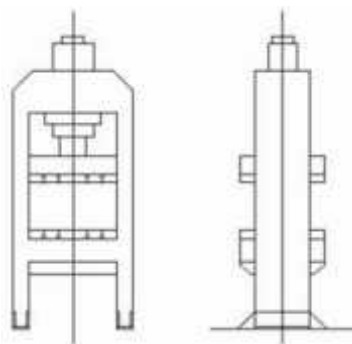
Sebagai contoh proses pembuatan *body* mobil, atau pemotongan baja dalam bentuk besar, dll. Berikut adalah contoh gambar *four column press* pada gambar 8 sebagai berikut:



Gambar 8. *Four column press* (Khan Q.S)

2.5.2.2. *Fabricated Two-Column Press or H-Frame Press*

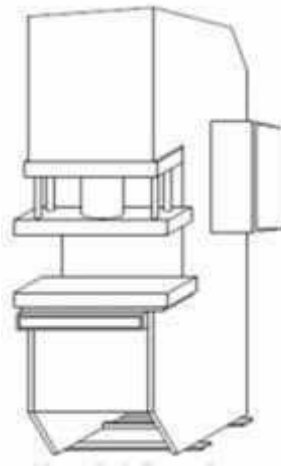
Kapasitas menengah dan kecil serta ekonomis menjadi ciri dari desain *Fabricated two-column press* atau *H-frame press*. Pada tipe ini material pembuatan mesin pres skala menengah dibuat menggunakan plat baja seperti pada gambar 9.



Gambar 9. *H-frame press* (Khan Q.S)

2.5.3.C-Frame Press

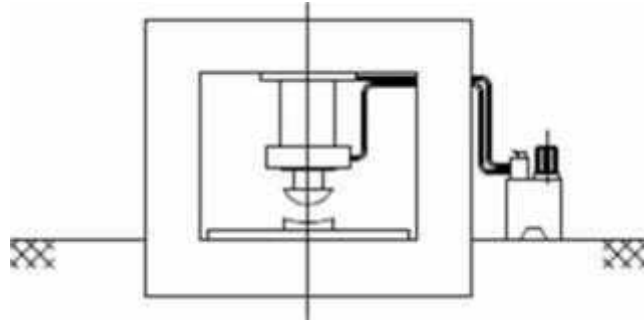
Pada tipe mesin pres ini, bentuk dari rangka/*body* terlihat membentuk huruf C. ketika dibutuhkan ruang untuk melakukan pengamatan pada meja kerja secara menyeluruh desain tipe ini sangat cocok digunakan. Namun tipe ini sangat mudah terjadi defleksi dan *cracking*, jika dibandingkan dengan tipe lainnya seperti pada gambar 10.



Gambar 10. *C-frame press* (Khan Q.S)

2.5.4.Close Frame Press

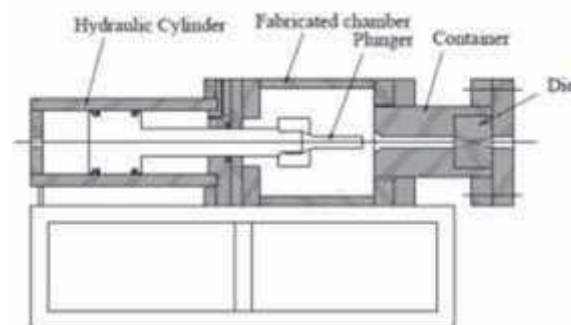
Pada kasus *close frame press*, seluruh struktur dari mesin pres dibuat membentuk sebuah kotak segi empat. Pada mesin pres bersekala kecil, dapat dibuat dengan memotong plat menjadi bentuk kotak kemudian menyatukannya dengan dua buah plat atau lebih sehingga terbentuk rangka/*body*. Pada tipe ini juga menggambarkan proses pengelasan untuk menghubungkan bagian atas, bawah dan sisi-sisi rangka seperti pada gambar 11.



Gambar 11. *Close frame press* (Khan Q.S)

2.5.5. *Fabricated Chamber Press*

Pada tipe ini mesin pres hidrolik terdapat wadah/*box* penyimpanan yang terhubung dengan rangka mesin pres. Terkadang proses pengepresan dan *extrusion* juga terdapat pada jenis mesin pres ini seperti gambar 12.



Gambar 12. *Extrusion press* (Khan Q.S)

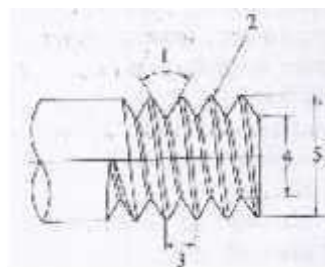
2.6. Perancangan Mesin Pres Hidrolik

Berikut hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan dan perancangan mesin pres hidrolik.

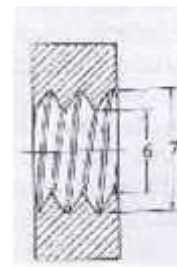
2.6.1. Perancangan Mur dan Baut

Untuk memasang mesin, berbagai bagian harus disambung atau diikat untuk menghindari gerakan terhadap sesamanya. Penggunaan baut banyak dipakai untuk maksud ini. Dalam pemakaiannya penggunaan baut tidak lepas dari ulir, ulir sendiri selalu bekerja dalam pasangan antara ulir luar dan ulir dalam. Berikut merupakan nama bagian-bagian ulir yang ada pada gambar 13.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sudut ulir | 5. Diameter luar dari ulir luar |
| 2. Puncak ulir luar | 6. Diameter dalam dari ulir dalam |
| 3. Jarak bagi | 7. Diameter luar dari ulir dalam |
| 4. Diameter inti dari ulir luar | |



Ulir luar (baut)



Ulir dalam (mur)

Gambar 13. Ulir (Sularso, 2004)

Ulir sendiri digolongkan menurut bentuk profil penampangnya terdapat jenis ulir segitiga, persegi, trapesium dll. Namun bentuk yang paling banyak dipakai adalah ulir segi tiga. Ulir segitiga diklasifikasikan lagi menurut jarak baginya dalam ukuran metris dan *inch*, dan menurut ulir kasar dan ulir lembut. Berikut

merupakan tabel 3 ukuran standar penggunaan mur kasar metris.

Tabel 3. Ukuran standar penggunaan mur kasar metris.

Ulir			Jarak Bagi p	Tinggi Kaitan H_1	Ulir dalam		
					Diameter Luar D	Diameter Efektif D_2	Diameter Dalam D_1
1	2	3			Ulir luar		
					Diameter Luar d	Diameter Efektif d_2	Diameter Dalam d_1
M 6		M 7	1	0,541	6,000	5,350	4,917
			1	0,541	7,000	6.350	5,917
M 8			1.25	0,677	8,000	7,188	6,647
		M 9	1.25	0,677	9,000	8,188	7,647
M 10		M 11	1.5	0,812	10,000	9,026	8,376
			1.5	0,812	11,000	10,026	9,376
M 12	M 14		1.75	0,947	12,000	10,863	10,106
			2	1,083	14,000	12,701	11,835
M 16			2	1,083	16,000	14,701	13,835
M 20	M 18		2.5	1,353	18,000	16,376	15,294
	M 22		2.5	1,353	20,000	18,376	17,294
			2.5	1,353	22,000	20,376	19,294
M 24	M 27		3	1,624	24,000	22,051	20,752
			3	1,624	27,000	25,051	23,752
M 30			3.5	1,894	30,000	27,727	26,211
M 36	M 33		3.5	1,894	33,000	30,727	29,211
	M 39		4	2,165	36,000	34,402	31,670
			4	2,165	39,000	36,402	34,670
M 42	M 45		4.5	2,436	42,000	39,077	37,129
			4.5	2,436	45,000	42,077	40,129
M 48			5	2,706	48,000	44,752	42,587
M 56	M 52		5	2,706	52,000	48,752	46,587
	M 60		5.5	2,977	56,000	52,428	50,046
			5.5	2,977	60,000	56,428	54,046
M 64	M 68		6	3,248	64,000	60,103	57,505
			6	3,248	68,000	64,103	61,505

Selain itu penggolongan ulir juga dilakukan menurut kekuatannya distandarkan seperti terlihat pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Bilangan kekuatan baut/sekrup mesin dan mur

Baut/	Bilangan kekuatan		3,6	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	6,8	6,9	8,8	10,9	12,9	14,9
Sekrup mesin (JIS B 1051)	Kekuatan tarik σ_B (kg/mm ²)	Minimum	34	40		50		60			80	100	120	140
		Maksimum	49	55		70		80			100	120	140	160
	Batas mulur σ_Y (kg/mm ²)	Minimum	20	24	32	30	40	36	48	54	64	90	108	126
Mur (JIS B 1052)	Bilangan kekuatan		4			5		6			8	10	12	14
	Tegangan beban yang di jamin (kg/mm ²)		40			50		60			80	100	120	140

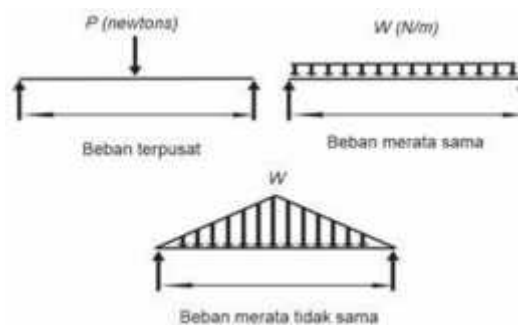
Baut dan mur merupakan alat pengikat yang sangat penting. Untuk mencegah kecelakaan, atau kerusakan pada mesin, pemilihan but dan mur sebagai alat pengikat harus dilakukan dengan seksama untuk mendapatkan ukuran yang sesuai. Untuk menentukan ukuran baut dan mur, berbagai faktor harus diperhatikan seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, kekuatan bahan, ketelitian dll. Pertama-tama akan ditinjau kasus pembebanan murni. Dalam hal ini, persamaan yang berlaku adalah

$$\sigma_t = \frac{W}{A} = \frac{W}{(\pi/4)d_1^2} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana W (kg) adalah beban tarik aksial pada baut, adalah tegangan tarik yang terjadi dibagian yang berulir pada diameter inti d_1 (mm).

2.7. Pembebanan

Beban merupakan muatan yang diterima oleh suatu struktur/konstruksi/komponen yang harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga struktur/konstruksi/komponen tersebut aman. Jenis beban yang diterima oleh elemen mesin sangat beragam, dan biasanya merupakan gabungan dari beban dirinya sendiri dan beban yang berasal dari luar. Untuk pembebanan pada balok dapat dibedakan menjadi beberapa bagian antara lain beban terpusat (*concentrated load*) dan beban merata (*distributed load*). Beban terpusat adalah beban yang bekerja pada jarak yang sangat kecil sehingga dapat dianggap bekerja pada titik, sedangkan beban bisa terbagi merata di atas seluruh panjang atau di atas sebagian panjang seperti pada gambar 14.

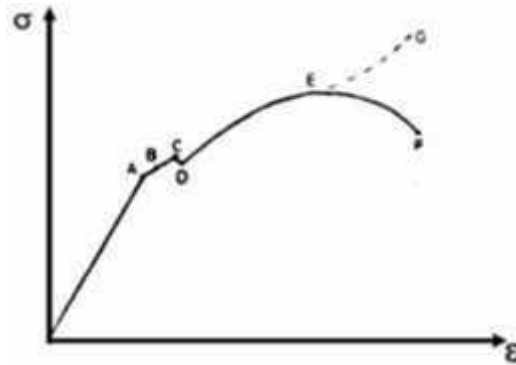


Gambar 14. Jenis-jenis pembebanan (Zainuri, 2008)

2.8. Tegangan dan Regangan

Tegangan (*stress*) secara sederhana dapat didefinisikan sebagai gaya persatuan luas penampang. Sedangkan regangan (*strain*) merupakan

pertambahan panjang suatu struktur atau batang akibat pembebanan. Secara umum hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada diagram tegangan-regangan pada gambar 15 berikut ini:



Gambar 15. Diagram tegangan regangan (Agustinus, 2009)

Keterangan:

- A : batas proporsional
- B : batas elastis
- C : titik mulur
- D : tegangan luluh
- E : tegangan tarik maksimum
- F : regangan maksimum (putus)

Dari diagram tegangan regangan pada gambar diatas, terdapat tiga daerah kerja sebagai berikut:

- Daerah elastis merupakan daerah yang digunakan dalam desain konstruksi mesin.
- Daerah plastis merupakan daerah yang digunakan untuk proses pembentukan material.

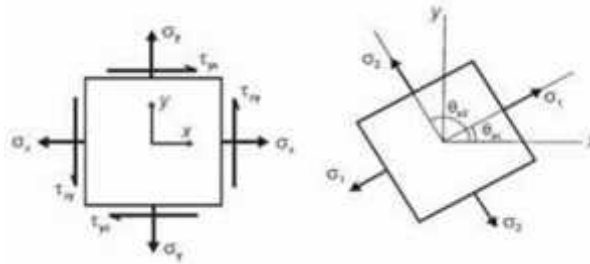
- Daerah maksimum merupakan daerah yang digunakan dalam proses pemotongan material.

2.9. Faktor Keamanan

Adapun faktor keamanan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan maksimum dan tegangan kerja aktual atau tegangan izin. Dalam desain konstruksi mesin, besarnya angka keamanan harus lebih besar dari 1 (satu). Faktor keamanan diberikan agar desain konstruksi dan komponen mesin dengan tujuan agar desain tersebut mempunyai ketahanan terhadap beban yang diterima.

2.10. Pengertian *Principal Stress*

Nilai maksimum dan minimum yang terjadi pada tegangan normal merupakan pengertian dari *principal stress*. Untuk memahami nilai tegangan normal pada suatu segmen dua dimensi dapat dilihat gambaran arah gaya jika dihubungkan dengan nilai tegangan normal dan geser pada gambar 16 sebagai berikut:

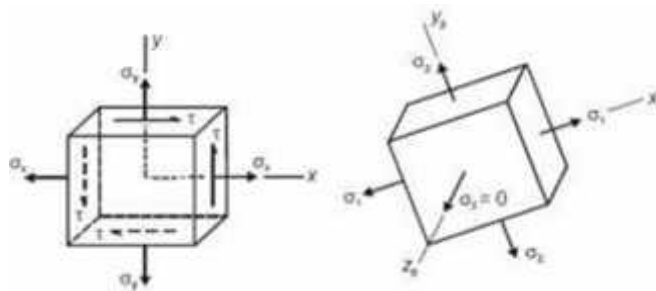


Gambar 16. Gambaran arah gaya normal dan gaya geser dua dimensi
(Zavatsky)

Untuk mendapatkan nilai tegangan normal dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (6)$$

Sedangkan untuk bentuk segmen tiga dimensi atau *three principal stresses* dapat ditunjukkan pada gambar 17.

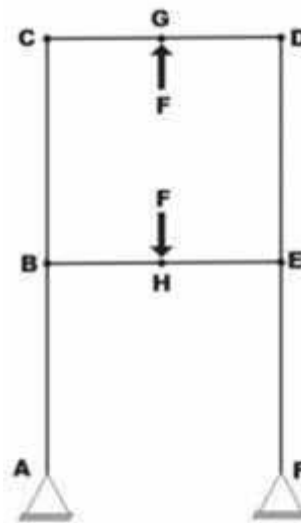


Gambar 17. Gambaran arah gaya normal dan gaya geser tiga dimensi
(Zavay)

Biasanya didapatkan nilai tegangan $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ sehingga untuk kriteria kegagalan material dapat disimpulkan bahwa nilai $\sigma_1 \leq \sigma_y$

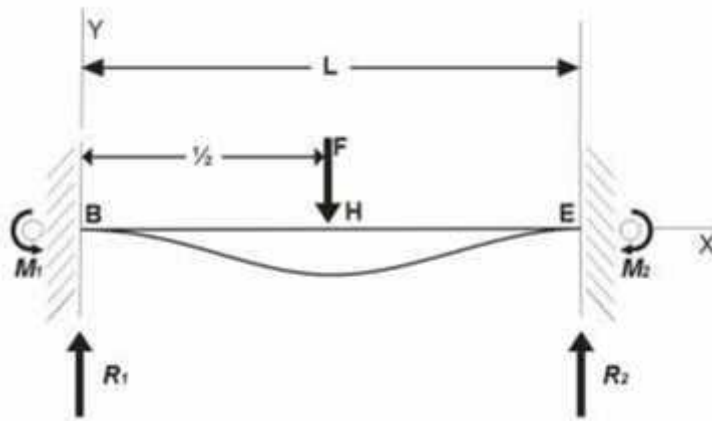
2.11. Perhitungan Rangka

Pada perhitungan rangka beban maksimum yang diberikan terdapat pada penekanan batang H dan G, maka dikarenakan rangka atas (batang CD) dan meja penekan (batang BE) terdapat 2 batang yang saling menahan maka untuk itu setiap profil akan mendapatkan beban setengah dari beban F masing-masing seperti pada gambar 18.



Gambar 18. Gambaran kerangka mesin pres

Dengan mengambil contoh batang BE untuk dianalisa mampu tekan, yakni dengan menganggap bahwa batang BE merupakan tumpuan tetap beban tengah untuk didapatkan nilai beban kerja (*working stress*) yang sesuai dengan kareakteristik desain rangka mesin pres seperti pada gambar 19 berikut.



Gambar 19. Tumpuan tetap-beban di tengah

Jika kita memisalkan beban maksimum yang ditanggung oleh 2 batang untuk batang BE adalah beban maksimum yang dapat diberikan oleh silinder hidrolik maka apakah rangka tersebut mampu untuk menahan beban tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut dimana persamaan pada tumpuan tetap-beban tengah adalah:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= R_2 = F/2 & M_1 &= M_2 = FL/8 \\
 M_{BH} &= F/8 (4x-L) & M_{HE} &= F/8 (3L-4x) \\
 V_{BH} &= -V_{HE} = F/2 & & \dots\dots\dots(7)
 \end{aligned}$$

(structx.com, 2017)

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Studi literatur: tahapan pertama dalam penelitian ini adalah studi literatur. Dimulai dengan mempelajari perancangan mesin briket, analisis kebutuhan panas, dan penekanan pembriketan, serta memahami sistem pembriketan yang digunakan.
- Perancangan pemanas pada mesin hidrolik tekan: selanjutnya merancang sistem mesin hidrolik, diameter pencetak briket, panjang batang penekan, menentukan alat press hidrolik dan sistem penekanan.
- Pembuatan, pembuatan mesin hidrolik untuk pembriketan berdasarkan perancangan
- Pengujian, setelah mesin yang dibuat sudah jadi, maka dilakukan pengujian pada hasil cetakan briket yaitu pengujian fisik berupa pengujian *drop test* dan pengujian ketahanan terhadap air
- Analisa, setelah briket dicetak, dimana briket terdiri dari briket dengan perekat, dan tanpa perekat, lalu dilakukan analisa fisik untuk mengetahui kualitas briket yang baik.

- Kesimpulan: Langkah terakhir dalam penelitian ini adalah membuat kesimpulan dari hasil penelitian dan dituangkan dalam bentuk laporan.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat dan waktu penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

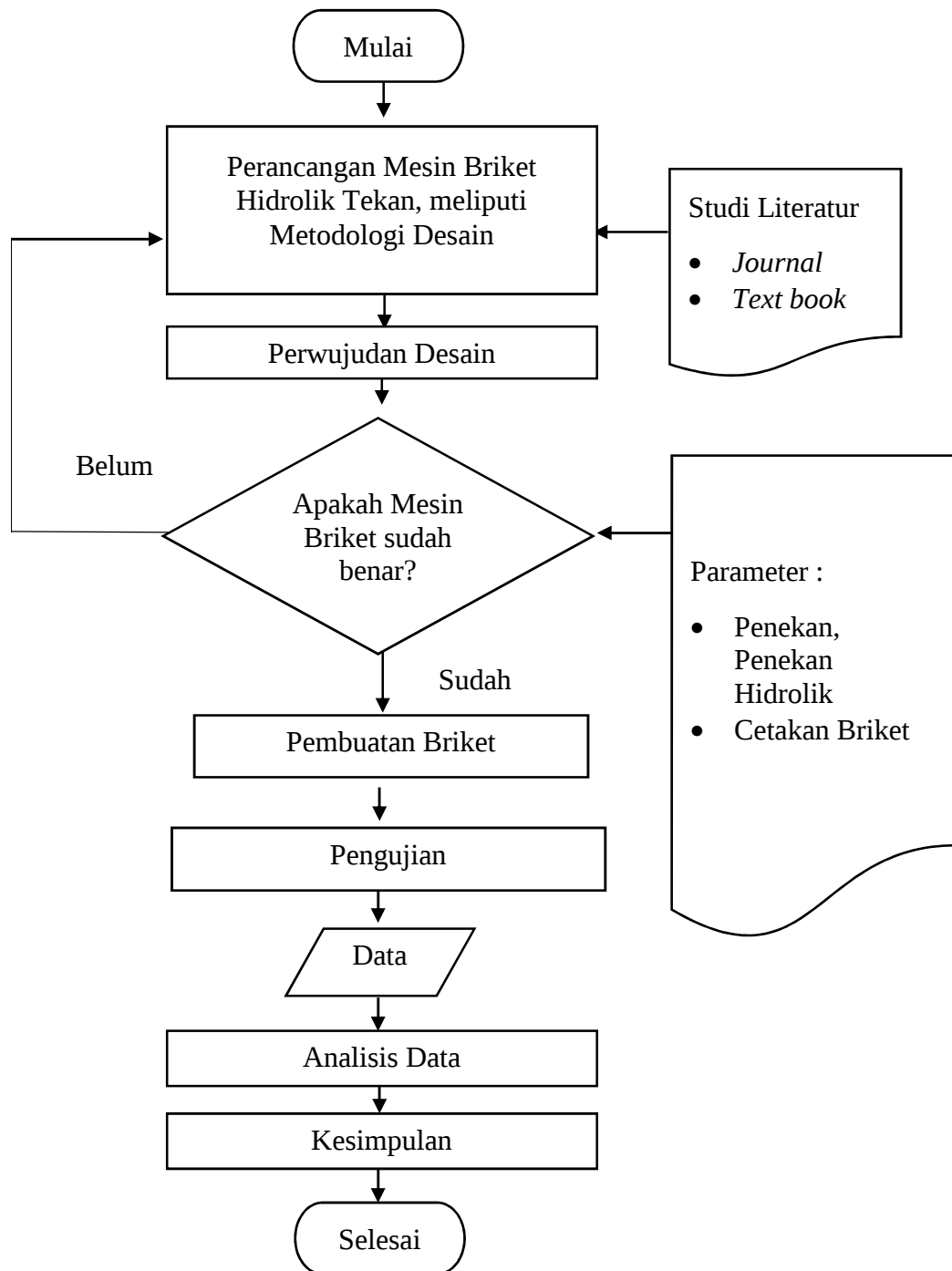
3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Termodinamika di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari hingga bulan Oktober 2019.

3.3. Alur Tahapan Pelaksanaan

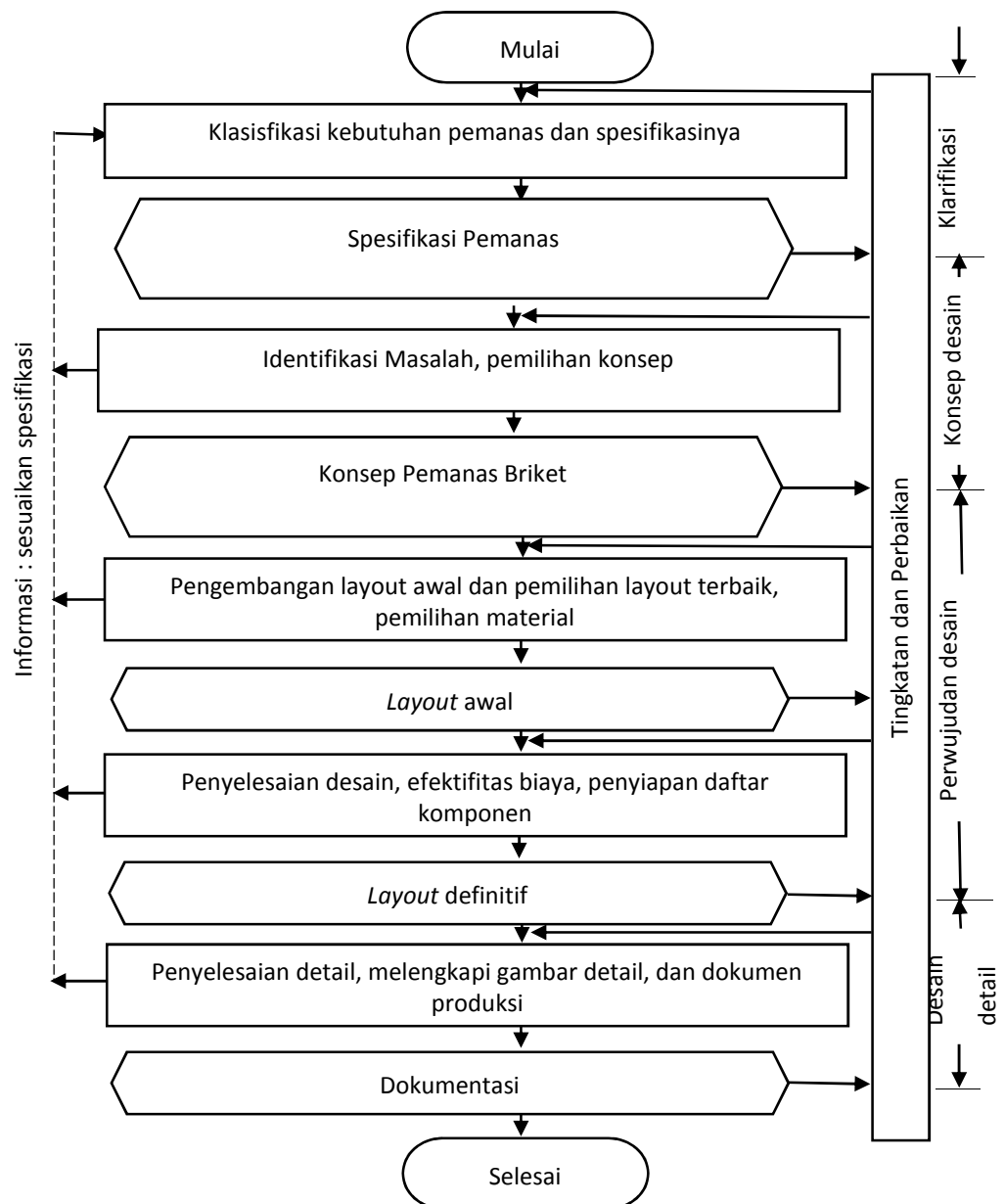


Gambar. 20. Diagram alir penelitian

3.4. Metode Rancang Bangun

3.4.1. Metode Desain

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode Pahl dan Beitz.(1977). Secara detail pengaplikasian metode Pahl dan Beitz (1977) dapat dilihat pada gambar 21 berikut :



Gambar 21. Diagram alir desain

Hal ini dikarenakan metode Pahl dan Beitz memiliki konsep yang lebih detail dan merupakan pengembangan dari metode-metode yang telah ada sebelumnya. Metode Pahl dan Beitz merupakan salah satu dari banyaknya metode desain yang ada pada saat ini. Tahapan pada metode Pahl dan Beitz sangat terstruktur sehingga keluaran dari metode ini lebih komprehensif untuk semua tahapan desain, proses desain dan pengembangan produk. Metode Pahl dan Beitz dibagi menjadi 4 fase, yaitu: Penjelasan dan perencanaan tugas (*Clarification of the task*), Konsep desain (*Conceptual design*), Perwujudan desain (*Embodiment design*) dan Detail desain (*Detail design*).

3.4.2. Identifikasi Masalah

Proses desain dimulai dengan mendefinisikan ketentuan dan batasan dimana solusi harus didapatkan. Uraian singkat dapat dilihat pada sebuah Spesifikasi Desain Produk (PDS) yang terlihat pada tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi Desain Produk

PENERBITAN :
SPESIFIKASI DESAIN PRODUK (PDS) Untuk MESIN BRIKET HIDROLIK TEKAN DENGAN SISTEM PEMANAS
SPESIFIKASI YANG BERKAITAN : Berisi spesifikasi yang berkaitan dengan Mesin Briket
OTORITAS PENERBIT :
DAFTAR ISI : Panduan Layout PDS Alat Mesin Briket
KATA PENGANTAR : Alasan dan latar belakang penyusunan PDS
PENDAHULUAN : Pernyataan tentang tujuan
RUANG LINGKUP : Penyertaan, pengecualian dan Batasan dalam Mein Briket
DEFINISI :

Istilah-istilah khusus yang digunakan
KETENTUAN PERFORMA : Ketentuan performa dari Mesin Briket
KETENTUAN FABRIKASI : Ketentuan proses pembuatan dari Mesin Briket
STANDAR-STANDAR PENERIMAAN : Kesesuaian dengan standar yang sudah ada
PENGURAIAN : Penjelasan dan uraian tentang material
KETENTUAN OPERASI : Kesesuaian dengan prosedur operasi

3.4.3. Pemilihan Konsep

Pada tahap selanjutnya konsep-konsep alternatif dihasilkan untuk setiap fitur. Semua ketentuan lain dipertimbangkan dengan cara yang sama, dan dibuat dengan sebuah tabel morfologi dengan konsep-konsep yang dihasilkan yang dicantumkan pada tabel dengan arah horizontal seperti terlihat pada tabel 6. berikut:

Tabel 6. Tabel morfologi untuk Mesin Briket

Fitur	Solusi			
Mesin Briket	Hidolik piston			
Penyambungan kerangka K	Las	Baut		
Hidrolik	Pompa	Jack		
Kerangka s	Canal U	Canal L	Baja Square	Pipa Baja
Bahan Cetakan p	Pipa Baja	Baja Karbon	Stainles Steel	Baja Paduan
1 Desain Rangka =	Dua kolom tekanan	Tiga kolom tekanan	Empat kolom tekanan	

Konsep 2 = 

Konsep 3 = 

Pembuatan konsep ini nantinya akan diberikan penilaian berdasarkan beberapa penilaian guna mendapatkan konsep optimum.

3.4.4. Pengambilan Keputusan

Untuk mengambil keputusan diperlukan perbandingan penilaian dari masing masing konsep yang ada. Dari berbagai konsep tersebut diberikan penilaian secara subjektif seperti terlihat pada tabel 7.

Tabel 7 Pengambilan konsep secara subjektif

Tujuan	Konsep 1	konsep 2	konsep 3
kemudahan dalam pembuatan	mudah	sulit	sulit
kehandalan penggerak	baik	baik	baik
kekokohan kerangka	kokoh	Kurang kokoh	kokoh
kemudahan dalam pemotongan kerangka	mudah	mudah	mudah
pemudahan dalam perakitan kerangka	mudah	mudah	mudah
kemudahan dalam pemindahan alat	baik	sulit	sulit
stabilitas kaki alat	cukup	baik	baik
kemudahan dalam mekanisme penekanan	baik	baik	baik
kemudahan dalam mekanisme pencetakan	baik	cukup	cukup

Berdasarkan tabel 7. tersebut, selanjutnya hasil penilaian tersebut dikonversikan menjadi penilaian berdasarkan ketentuan berikut :

3.4.5. Permodelan

- Sangat mudah, sangat baik, = 4.
- Mudah, baik, kokoh = 3.
- Cukup, kurang kokoh = 2.
- Kurang baik, sulit, = 1.

Maka didapatkan hasil penilaian, sebagaimana terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Konversi penilaian secara subjektif kualitatif ke kuantitatif

Tujuan	Konsep 1	konsep 2	konsep 3
kemudahan dalam pembuatan	3	1	1
kehandalan penggerak	3	3	3
kekokohan kerangka	3	2	3
kemudahan dalam pemotongan kerangka	3	3	3
pemudahan dalam perakitan kerangka	3	3	3
kemudahan dalam pemindahan alat	3	3	3
stabilitas kaki alat	2	3	3
kemudahan dalam mekanisme penekanan	3	3	3
kemudahan dalam mekanisme pencetakan	3	2	2
Total Nilai	26	23	24

Berdasarkan tabel penilaian diatas, maka konsep yang dipilih dari 3 konsep tersebut adalah konsep 1 dengan nilai tertinggi yaitu 26.

3.4.5. Permodelan

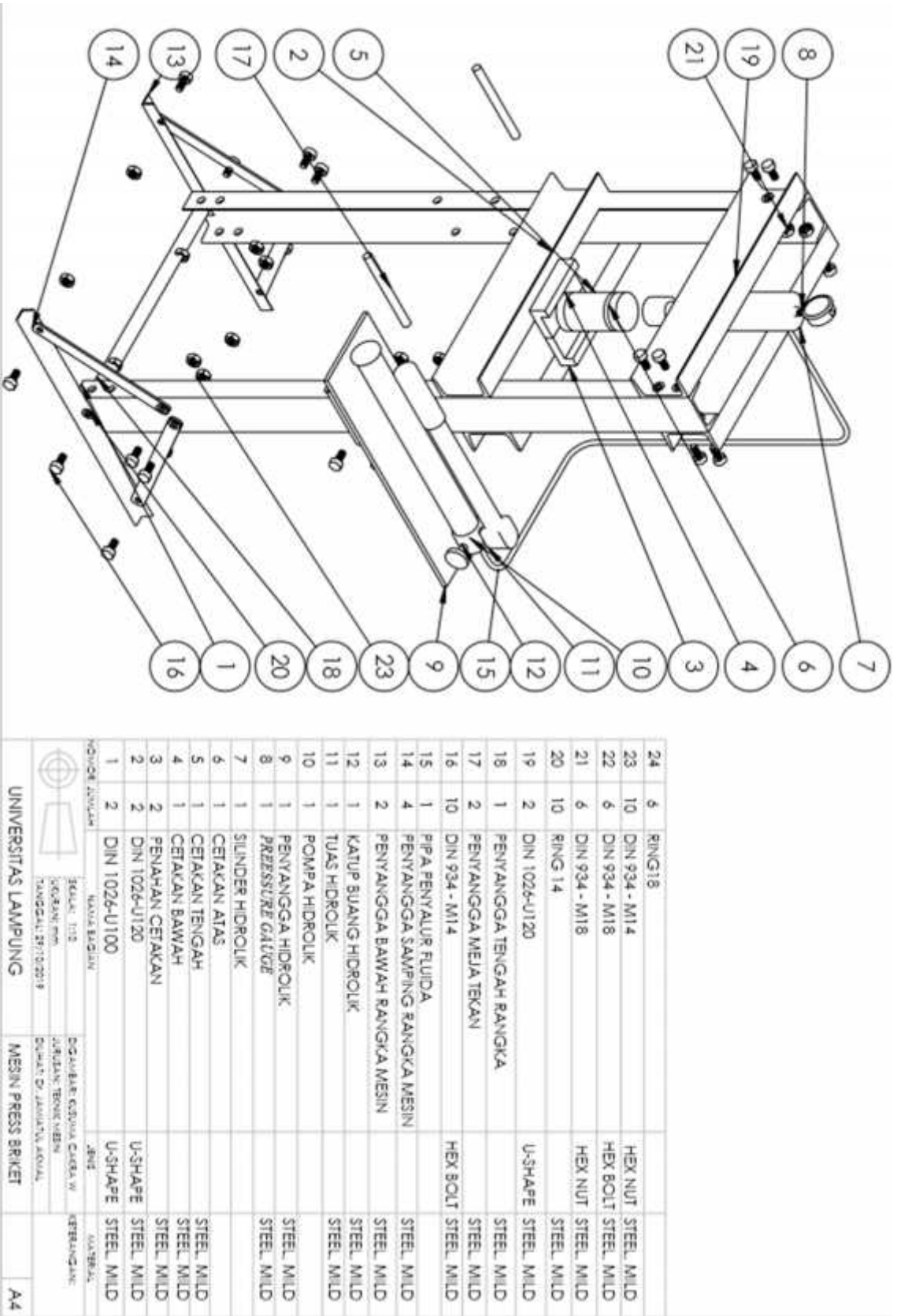
Setelah pemilihan konsep selesai maka tahap berikutnya adalah pemodelan dengan menggunakan bantuan *software*. Dalam proses pemodelan ini, perancang menggunakan program *Solidworks 2016*[®] dengan hasil seperti terlihat pada gambar 22 berdasarkan konsep yang sudah dipilih. Adapun gambar desain mesin yang akan dibuat sebagai berikut:



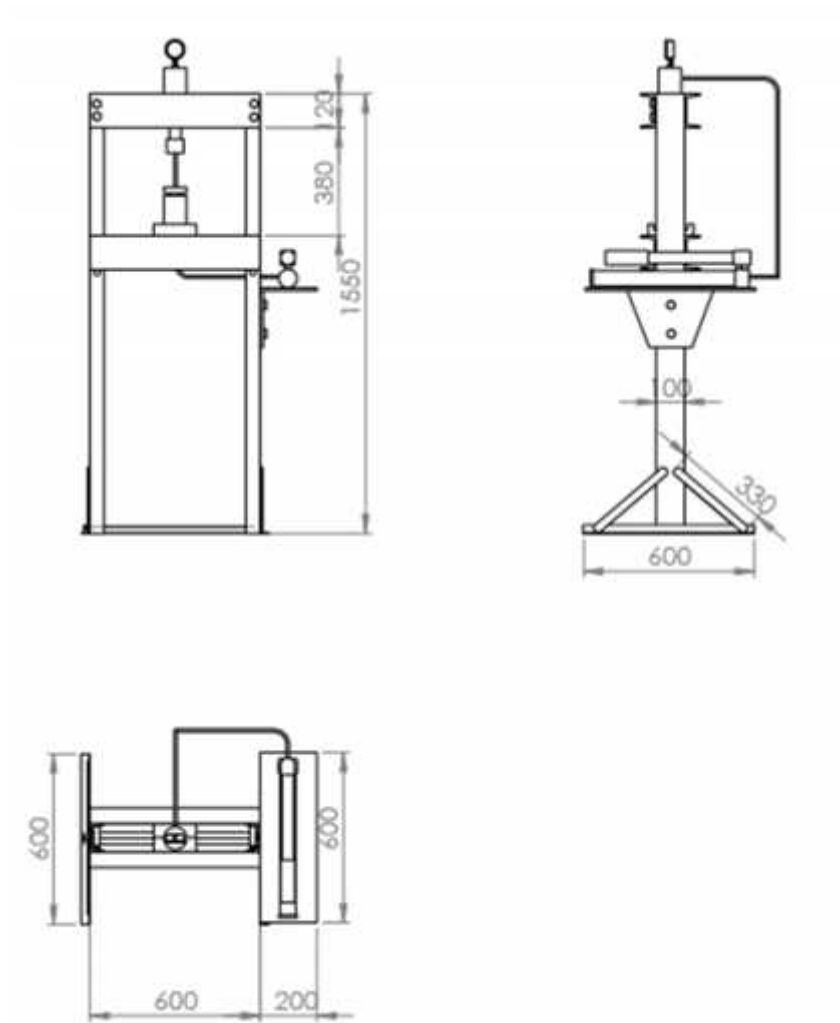
Gambar 22. Desain Mesin Tekan Briket

3.4.6. Detail Desain

Setelah dilakukan pemodelan, maka model tersebut diberi keterangan sedetail mungkin dalam gambar teknik seperti terlihat pada gambar 23 dan gambar 24.



Gambar 23. Detail Desain Mesin Tekan Briket



Gambar 24. Detail Dimensi Mesin Briket

3.5. Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.5.1. Biomassa Kulit Kopi

Biomassa kulit kopi digunakan sebagai bahan penelitian ini yang nantinya akan dibriket, biomassa kulit kopi dipilih karena

memanfaatkan sampah biomassa kopi yang tidak terpakai dan tekstur pada biomassa ini baik untuk pembriketan, seperti pada gambar 25.



Gambar 25. Biomassa kulit kopi

3.5.2. Tepung Tapioka

Tepung tapioka digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan perekat briket, nantinya tepung tapioka ini dicampur dengan air lalu dimasak agar lengket, lalu dicampur dengan biomassa dengan perbandingan 1:3 seperti pada gambar 26.



Gambar 26. Tepung Tapioka

3.5.3. Besi Canal U 120

Besi kanal yang digunakan pada pembuatan mesin pres hidrolik ini adalah besi kanal tipe U dengan dimensi 120 x55x7 mm, serta panjang total 6 meter. Penggunaan besi kanal ini dimaksudkan sebagai rangka yang dipakai pada mesin pres hidrolik. Selain besi kanal juga digunakan pula beberapa komponen tambahan yang dipakai dalam proses pembuatan rangka mesin pres ini antara lain adalah batang besi dan pipa besi, seperti pada gambar 27 sebagai berikut:



Gambar 27. Besi Canal U 120

3.5.4. Silinder Hidrolik

Silinder hidrolik yang digunakan pada pembuatan mesin pres ini adalah silinder hidrolik dengan diameter silinder sebesar 8 cm. penggunaan silinder hidrolik ini sendiri berfungsi sebagai media untuk melakukan penekanan pada benda kerja, seperti pada gambar 28.



Gambar 28. Silinder Hidrolik

3.5.5. Mur dan Baut

Penggunaan mur dan baut adalah sebagai komponen pengikat antara bagian-bagian pembentuk rangka mesin pres. Pada proses pembuatan mesin pres ini mur dan baut yang digunakan memiliki bilangan kekuatan sebesar 8.8, dengan ukuran yang mendominasi yakni M18, seperti pada gambar 29.



Gambar 29. Mur dan Baut

3.5.6. Pompa Hidrolik

Pompa hidrolik digunakan sebagai media penggerak yang menyalurkan oli kedalam silinder hidrolik sebagai media yang

digerakkan. Pada penelitian ini pompa hidrolik yang digunakan adalah *hydraulic hand pump press factory* dengan model HP-700A, seperti pada gambar. 30.



Gambar 30. Pompa Hidrolik

Pompa hidrolik ini memiliki spesifikasi seperti pada tabel. 9.

Tabel 9. Spesifikasi Pompa Hidrolik

Fitur	Keterangan
Tipe	PTO pompa hidrolik traktor
Kapasitas	0,72 l
Dimensi	590 x 130 x 160 mm
Berat	9,6 kg
Tekanan	
Keluar	700 bar/70 Mpa
Aksesoris standar	2m selang hidrolik
No Model	HP-700A
Tenaga	Hidrolik
Penggunaan	Oli

3.5.7. Pressure Gauge

Pressure Gauge digunakan untuk mengukur tekanan yang terjadi pada mesin hidrolik tekan, *pressure gauge* ini menggunakan satuan ton dalam pengukuran nya seperti pada gambar 31.



Gambar 31. *Pressure gauge*

3.5.8. Besi Pejal

Besi pejal digunakan sebagai bahan pembuatan cetakan (*die*) untuk pembriketan seperti pada gambar 32.



Gambar 32. Besi Pejal

3.6. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

3.6.1. Mesin las

Las listrik menjadi pilihan dalam proses produksi mesin pres ini, mesin las listrik digunakan untuk menyambungkan batang besi, pada

proses pembuatan meja pengepresan, dudukan pompa hidrolik hingga penyangga kaki-kaki pada bagian bawah mesin pres seperti pada gambar 33.



Gambar 33. Mesin las

Mesin las yang digunakan memiliki spesifikasi seperti pada tabel 10.

Tabel 10. Spesifikasi mesin las

Merek :	TIGER WELD 160A
Voltase :	220V-230V

3.6.2. Mesin bor

Mesin bor digunakan untuk melubangi benda kerja, pada proses pembuatan rangka mesin pres dan meja pengepresan. Pada rangka mesin pres dibuat lubang sedemikian rupa sebagai tempat menempelnya mur dan baut sebagai pengikat rangka. Untuk meja pengepresan pembuatan lubang dimaksudkan sebagai tempat menempelnya batang besi. Batang besi sendiri difungsikan untuk menahan beban yang ada pada meja pengepresan, seperti pada gambar 34.



Gambar 34. Mesin bor

Mesin bor yang digunakan memiliki spesifikasi seperti pada table 11.

Tabel 11. Spesifikasi mesin bor

Merek :	PRO-QUIP QD13PRO-KIT
Voltase :	220V-230V
Kecepatan putar tanpa beban	0-3000 rpm
Daya :	550 W
Diameter mata bor :	Sd 13 mm

3.6.3. Mesin gerinda potong

Mesin gerinda digunakan untuk memotong benda kerja, dalam hal ini adalah besi kanal U yang berfungsi sebagai komponen utama penyusun rangka mesin pres, seperti pada gambar 35



Gambar. 35 Mesin gerinda potong

Mesin gerinda potong memiliki spesifikasi seperti pada tabel 12.

Tabel 12. Spesifikasi mesin gerinda potong

Merek :	PRO-QUIP NEWTEK CUT-OFF MACHINE QT314
Voltase :	220V-230V ; 50/60Hz /menit
Kecepatan putar :	3800 putaran
Daya :	1800 W
Diameter mata gerinda :	355

3.6.4. Jangka sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur ketebalan, kedalaman serta diameter suatu benda kerja. Dalam hal ini jangka sorong digunakan untuk menentukan dimensi pompa serta silinder hidrolik agar mempermudah penentuan letak/posisi pada rangka mesin pres serta dipergunakan dalam penentuan ukuran masing-masing komponen agar mempermudah proses pembuatan sketsa model, seperti pada gambar 36.



Gambar 36. Jangka sorong

Jangka sorong memiliki spesifikasi seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Spesifikasi jangka sorong

Fitur	Keterangan
Nama	Jangka Sorong Manual
Merk	TH201
Skala	Tricle
Akurasi	0.05 mm atau 1/128"
Ukuran	+/- 0.05mm
Jenis	0 - 150mm / 0 - 6"
Pengukuran	Metrik (mm) dan Inch

3.6.5. Meteran (*roll meter*)

Meteran merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur panjang benda, pada penelitian ini meteran digunakan untuk mengukur panjang besi kanal yang akan dipotong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan sebelumnya seperti pada gambar 37.



Gambar 37. Meteran

Meteran yang digunakan memiliki spesifikasi seperti tabel 14.

Tabel 14. Spesifikasi meteran

Merek :	MIGHTY
Panjang maksimal	5m / 16 feet

3.6.6. Kunci Pas

Kunci pas merupakan alat yang digunakan untuk mengepaskan kepala mur atau baut, baik membuka ataupun mengencangkan sekrup pada masing-masing bagian rangka mesin pres seperti pada gambar 38.



Gambar 38. Kunci pas

3.6.7. Ayakan

Ayakan digunakan untuk menyaring biomassa yang udah dicacah sampai halus oleh blender. Ayakan yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan 24 mesh, seperti pada gambar 39



Gambar 39. Ayakan

3.6.8. Blender

Blender digunakan untuk mencacah biomassa sampai halus, untuk membuat briket diperlukan bahan yang granular agar pembriketan dapat dilakukan seperti pada gambar 40.



Gambar 40. Blender

Blender yang digunakan memiliki spesifikasi seperti tabel 15.

Tabel 15. Spesifikasi meteran

Fitur	Keterangan
Merk	Blender Viva National BL-T9A
Daya	190 Watt
Kapasitas	0,6-1lt

3.7. Proses Perakitan Mesin

Adapun proses perakitan mesin pres dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

3.7.1. Merakit rangka mesin

Perakitan rangka mesin dilakukan dengan cara menggabungkan besi kanal dengan mur dan baut disesuaikan dengan desain *two columns press* yang telah ditentukan sebelumnya.

3.7.2. Memasang silinder hidrolik

Pemasangan silinder hidrolik dilakukan dengan meletakkanudukan silinder pada bagian atas rangka mesin untuk selanjutnya

dipasang silinder hidrolik pada bagian atasnya. Kemudian dilakukan pemasangan mur dan baut pada bagianudukan silinder yang bertujuan untuk mengikat silinder hidrolik pada bagian rangka mesin.

3.7.3. Memasang pompa hidrolik

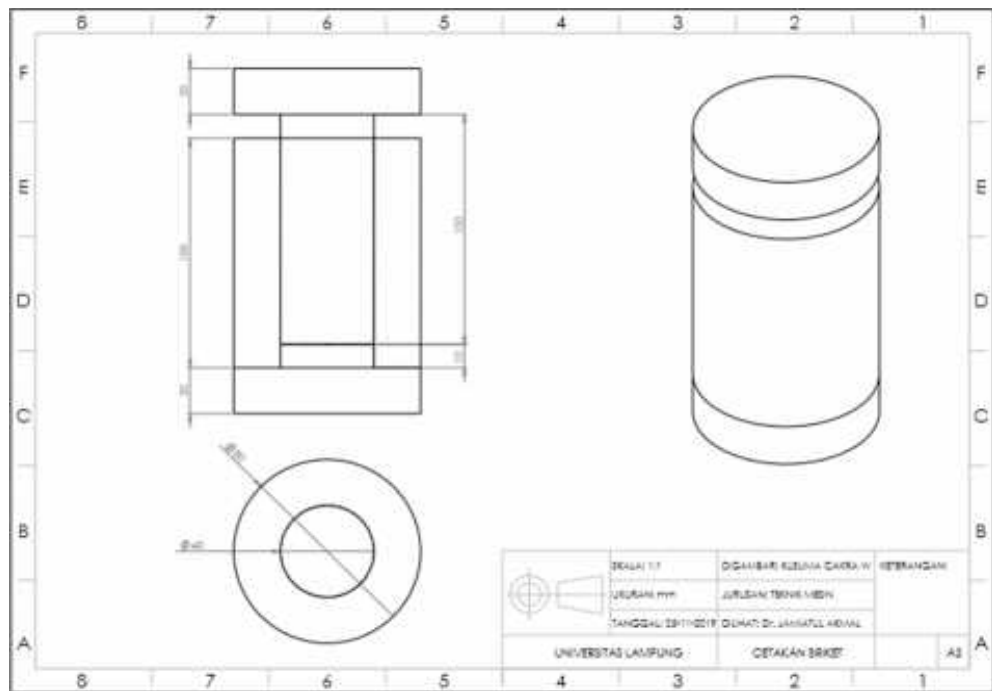
Pemasangan pompa hidrolik dilakukan dengan memasang dudukan pompa hidrolik pada bagian samping dari rangka mesin pres. Pemasangan pompa sendiri dilakukan dengan cara mengikat dudukan pompa dengan menggunakan mur dan baut untuk selanjutnya memasangkan pompa hidrolik pada bagian atas dudukan pompa. Sama seperti pemasangan dudukan pompa pada rangka mesin, proses penyatuan dudukan pompa dengan pompa hidrolik sendiri menggunakan mur dan baut sebagai media pengikat.

3.7.4. Memasang meja pengepresan

Pemasangan meja pengepresan dilakukan dengan cara memberikan penyesuaian terhadap jarak yang diinginkan terhadap silinder hidrolik. Penyesuaian terhadap meja pengepresan disesuaikan terhadap lubang-lubang yang ada pada rangka mesin pres, proses pemasangan meja pengepresan juga menggunakan baut sebagai media pengikat.

3.8. Pembuatan cetakan (*die*) briket

Pembuatan cetakan briket dilakukan dengan cara pembubutan besi pejal dengan rancangan cetakan seperti gambar 41 sebagai berikut:



Gambar 41. Desain Cetakan Briket

Gambar diatas menunjukkan dimensi dari cetakan yang akan dibuat yaitu 40x150 mm

3.9. Metode Pembuatan Spesimen

Setelah mesin hidrolik dan cetakan (*die*) briket sudah dibuat maka selanjutnya pembuatan briket. Pembuatan briket dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan semua bahan dan alat yang akan digunakan, meliputi biomassa kulit kopi yang sudah di torefaksi, dan non torefaksi, mesin hidrolik tekan, cetakan (*die*) briket, ayakan, timbangan digital, tepung tapioka yang sudah dilengketkan, mixer.
- 2) Briket yang akan dibuat ialah briket non torefaksi dan sesudah torefaksi, dan tiap briket memiliki tekanan berbeda, pada tekanan 1, 2, 3 ton, briket diberikan perekat sedangkan pada tekanan 7, 8, 9, tidak diberikan perekat.
- 3) Sebelum dibuat briket, biomassa kulit kopi hasil torefaksi dan non torefaksi dicacah terlebih dahulu oleh blender sampai halus. Lalu masing-masing biomassa hasil torefaksi dan non torefaksi di ayak terlebih dahulu dengan ayakan 24 mesh.
- 4) Biomassa kulit kopi yang sudah halus akan dibuat briket pada tekanan 1, 2, 3 ton, ditimbang sebesar 15 gram, dan tapioka yang sudah lengket 5 gram, perbandingan biomassa dan perekat adalah 3:1
- 5) Biomassa kulit kopi yang sudah halus akan dibuat briket pada tekanan 7, 8, 9 ton, ditimbang sebesar 20 gram, dimana pada pembuatan briket ini tidak diberikan perekat.
- 6) Briket yang akan dibuat ada tekanan 1, 2, 3 ton, biomassa nya dicampur dengan perekat lalu dicacah kembali oleh blender. Setelah itu biomassa yang sudah tercampur perekat dimasukkan ke cetakan (*die*) briket lalu di tekan pada tekanan 1, 2, 3 ton.

- 7) Briket yang akan dibuat ada tekanan 7, 8, 9 ton, biomassa nya dimasukkan ke cetakan (*die*) briket lalu di tekan pada tekanan 7, 8, 9 ton.
- 8) Tiap-tiap penekanan diberikan masa tinggal 60 detik, setelah 60 detik, biomassa dikeluarkan dengan cara melepaskan alas cetakan briket lalu ditekan kembali oleh mesin tekan. Nanti nya briket yang dikeluarkan akan ditampung oleh penampung.
- 9) Setelah briket selesai dibuat dilakukan pengeringan selama satu minggu dengan inkubator yang diatur pada suhu 30-35°C

3.10. Metode Pengujian

Setelah briket selesai dibuat maka dilakukan pengujian pada masing-masing briket meliputi:

3.10.1. Uji ketahanan terhadap air

Pengujian ketahanan terhadap air (*water resistant*) dilakukan dengan mengadopsi prosedur penelitian yang telah dilakukan oleh Ricards, S.R (1989). Prosedur pengujiannya yaitu:

- i. Menimbang masa awal briket.
- ii. Merendam briket didalam air selama 30 menit.
- iii. Menimbang masa akhir briket setelah 30 menit.
- iv. Mencatat perubahan masa briket

Perhitungan index ketahanan air (*water resistant indeks*) briket dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$WRI = 100 \% - \% \text{penyerapan} \dots\dots\dots(8)$$

$$\% \text{penyerapan} = \frac{m_b - m_a}{m_a} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

m_b : masa akhir briket setelah diredam 30 menit (kg)

m_a : masa awal briket sebelum direndam (kg)

3.10.2. Pengujian Drop Test

Pengujian drop test menggunakan metode ASTM D 440-86 R02.

$$\text{Shatter Index (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100 \% \text{ Keterangan:}$$

A = Berat briket sebelum dijatuhkan (gram)

B = Berat briket setelah dijatuhkan (gram)

Mula-mula spesimen ditimbang menggunakan timbangan untuk menentukan berat awal, kemudian briket dijatuhkan pada ketinggian 1,8 meter dengan permukaan landasan harus rata dan halus. Setelah dijatuhkan, spesimen ditimbang ulang untuk mengetahui berat yang hilang dari briket. Setelah mengetahui seberapa presentase yang hilang. Kita dapat mengetahui kekuatan spesimen terhadap benturan. Apabila partikel yang hilang terlalu banyak, berarti spesimen yang dibuat tidak tahan terhadap benturan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin hidrolik tekan dengan panjang 600 mm, lebar 600 mm dan tinggi 1550 mm, bentuk desain *two columns press* dengan penggerak berupa pompa hidrolik jenis *hydraulic hand pump*, selain itu untuk melakukan penekanan pada benda kerja digunakan silinder hidrolik dengan sistem silinder kerja tunggal berhasil dibuat dan dapat digunakan untuk membuat briket.
2. Pada penelitian ini, briket yang paling tangguh adalah briket 2B, dimana pada pengujian *drop test* briket ini memiliki kehilangan material yang sedikit yaitu 0,006% dikarenakan pada briket ini dilakukan penambahan perekatan. Pada pengujian ketahanan terhadap air yang paling tahan air adalah briket 9A sebesar 73%, ini dikarenakan biomassa torefaksi memiliki sifat hidrofobik, yaitu menolak air.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya ialah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian dengan variasi biomassa lain, melakukan variasi penekanan yang lebih tinggi.
2. Melakukan variasi komposisi perekat pada briket, dan menggunakan perekatan lain pada pengujian
3. Melakukan pencampuran biomassa dan perekat dengan variasi tekanan yang tinggi
4. Melakukan variasi temperatur pada briket hasil torefaksi dan non torefaksi pada saat pengepressan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Syafiq. 2010. Uji Kualitas Fisik Dan Kinetika Reaksi Briket Kayu Kalimantan Dengan Dan Tanpa Pengikat. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Bapat, S. M dan Dessai Yusufali. 2014. *Design and Optimization of A 30 Ton Hydraulic Forming Press Machine*. India: International Journal For Research In Applied Science And Engineering Technology.
- Darekar Supriya. 2017. *Design of Briquetting Machine*. Bharati Vidyapeeth's College of Engineering. Kolhapur. Maharashtra. India.
- Ibrahim A. Mohammed-Dabo. 2017. *Production and Characterization of Biomass Briquettes from Tannery Solid Waste*. National Research Institute for Chemical Technology. Basawa-Zaria 810282. Nigeria.
- Krist, Thomas. 1991. Hidraulika Ringkas dan Jelas. Jakarta: Erlangga.
- Mikell P. Groover. 2010. *Fundamentals Of Modern Manufacturing*. Lehigh University. United States of America.
- Naim, Darun. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon Pada Tekanan Kompaksi 5000 Psig. Universitas Negeri Semarang. Jawa Tengah.
- Reni Setiowati. 2014. Pengaruh Variasi Tekanan Pengepresan Dan Komposisi Bahan Terhadap Sifat Fisis Briket Arang. UIN Maliki Malang. Malang.

S. K. Mishra. 2010. *Biomass Briquetting: Technology And Practices*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Bangkok. Thailand.

Taufik Satya. 2017. Proses Desain Dan Pengujian Mesin Press Hidrolik Briket Limbah Bambu. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.

Wibawa Endra J. 2010. Pengaruh Tekanan Pembriketan Dan *Holding Time* Terhadap Karakteristik Ketahanan (*Durability*) Briket Biomasa. Universitas Negeri Solo. Solo.