

RANCANG BANGUN TUNGKU BIOMASSA SEBAGAI
ALAT PENGERING HASIL PERTANIAN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

MUHAIMIN HIDAYAT ARIF NUR	44321204
NUGRAHA	44321205
MUH. REZI FANDIYANSYAH	44321208

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

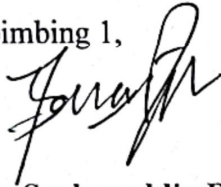
Skripsi ini dengan judul “Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Alat Pengering Hasil Pertanian” oleh :

1. Muhaimin Hidayat Arif Nur (443 21 204)
2. Nugraha (443 21 205)
3. Muh. Rezi Fandiyansyah (443 21 208)

Telah diperiksa dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi D4 Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

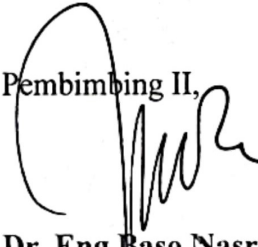
Makassar, 1 Agustus 2023

Pembimbing I,



Dr. Ir. Syaharuddin Rasyd, M.T.
NIP. 19680105 199403 1 001

Pembimbing II,



Dr. Eng Baso Nasrullah, S.S.T., M.T.
NIP. 19771015 200604 1 001

Mengetahui,



Dr. Eng Baso Nasrullah, S.S.T., M.T.
NIP. 19771015 200604 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin tanggal 10 April 2023, tim penguji Sidang skripsi telah menerima hasil skripsi oleh mahasiswa: Muhaimin Hidayat Arif Nur NIM 443 21 204, Nugraha NIM 443 21 205 dan Muh. Rezi Fandiyansyah NIM 443 21 208 dengan judul "Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Alat Pengereng Hasil Pertanian".

Makassar, 1 Agustus 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

- | | | |
|--|--------------|---------|
| 1. Abram Tangkemanda, S.T., M.T | Ketua | (.....) |
| 2. Trisben heiser, S.T., M.T. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. | Anggota I | (.....) |
| 4. Ir. Muas M., M.T. | Anggota II | (.....) |
| 5. Dr. Ir. Syaharuddin rasyid., M.T. | Pembimbing I | (.....) |
| 6. Dr. Eng. Baso Nasrullah, S.S.T., M.T. | PembimbingII | (.....) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi “Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Alat Pengering Hasil Pertanian” dapat kami selesaikan dengan baik. Terima kepada Orang tua serta seluruh keluarga yang telah memberi bantuan materi maupun non-materi sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Walaupun dalam penyusunan skripsi ini hanyalah karya biasa namun yang kami harapkan adalah agar bisa bermanfaat sehingga dengan adanya manfaat yang telah dicapai maka skripsi ini dapat menjadi luar biasa.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang wajib untuk setiap Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin. Skripsi ini dilaksanakan dalam rangka memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar D-4 pada Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam penulisan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang kami alami. Namun berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan hal tersebut, maka pada kesempatan dan melalui lembaran ini, kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. Selaku direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. Selaku ketua Jurusan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Eng. Baso Nasrullah, S.S.T., M.T. Selaku Ketua Program D4 Teknik Manufaktur Politeknik Negeri Ujung Pandang

4. Bapak Dr. Ir. Syahrudin Rasyid, M.T Selaku Pembimbing I.
5. Bapak Dr. Eng. Baso Nasrullah, S.S.T., M.T. Selaku Pembimbing II.
6. Para dosen dan staf Politeknik Negeri Ujung Pandang yang namanya yang tidak disebut namanya satu persatu atas limpahan ilmu yang diberikan.
7. Rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2021 khususnya pada program D4 Teknik Manufaktur atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini.
8. Semua pihak yang terlibat yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu atas segala bentuk bantuan sehingga tugas akhir dapat terselesaikan.

Kita telah mengetahui bahwa tidak ada manusia yang memiliki kesempurnaan, begitupun dengan penyusunan laporan ini masih banyak hal-hal yang perlu dikembangkan lagi sehingga kami mengharapkan untuk memberikan kritik dan saran untuk dijadikan pelajaran kedepannya supaya penyusunan skripsi ini bisa lebih baik dari yang sekarang.

Akhir kata, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan sumbangan pemikiran di dalam penyusunan laporan skripsi ini. Harapan kami, semoga laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan bagi orang lain dan utamanya bagi kami sendiri.

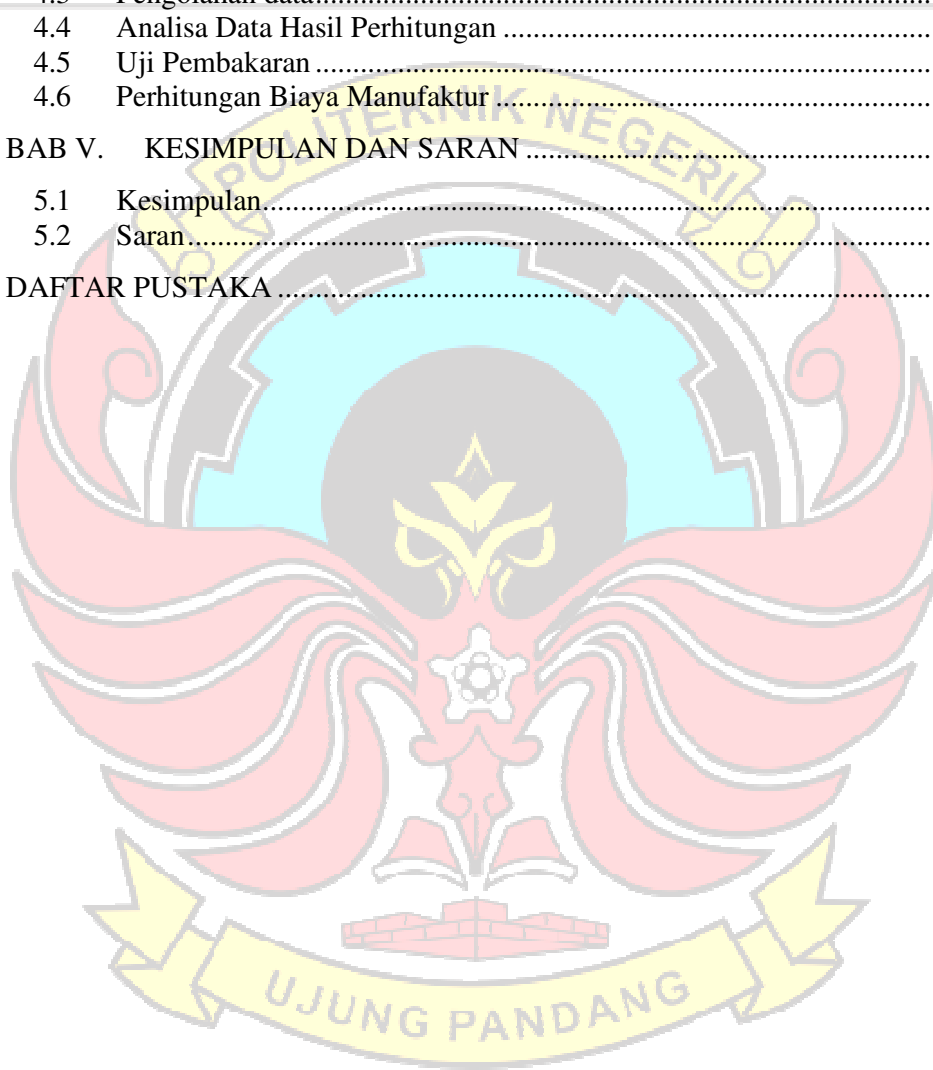
Makassar, 10 April 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	hlm.
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN SINGKATAN.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
SURAT PERNYATAAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
SURAT PERNYATAAN.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	4
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tungku Biomassa.....	6
2.2 Komponen Sistem.....	11
2.3 Pemilihan Material.....	11
2.4 Biomassa.....	16
2.5 Proses Pembakaran.....	19
2.6 Biomassa Sebagai Bahan Bakar.....	20
2.7 Komponen Rotary Dryer.....	25
BAB III. METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan.....	27
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.3 Perancangan Alat.....	28
3.4 Konsep Awal Mesin.....	29
3.5 Hasil Rancangan.....	31
3.6 Gambar Perancangan Bagian-Bagian Tungku biomassa.....	32
3.7 Proses Pembuatan komponen dan Perakitan alat.....	34

3.8	Pengujian Alat	41
3.9	Diagram Alir	42
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Hasil Pembuatan Tungku Biomassa.....	43
4.2	Prinsip kerja.....	44
4.3	Pengolahan data.....	44
4.4	Analisa Data Hasil Perhitungan	48
4.5	Uji Pembakaran	53
4.6	Perhitungan Biaya Manufaktur	55
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....		65



DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 2. 1 Besi Hollow.....	12
Gambar 2. 2 Besi Siku	14
Gambar 2. 3 Pipa Galvanis	14
Gambar 2. 4 Besi Plat Hitam.....	15
Gambar 2. 5 Bata Merah	16
Gambar 2. 6 Kayu Randu.....	21
Gambar 2. 7 Tempurung Kelapa.....	23
Gambar 2. 8 Fan booster	26
Gambar 3. 1 3D Model Desain	29
Gambar 3. 2 Konsep awal bentuk mesin.....	29
Gambar 3. 3 <i>Assembly mesin</i>	40
Gambar 3. 4 Diagram Alir	42
Gambar 4. 1 Tungku biomassa	40
Gambar 4. 2 Grafik laju suhu udara pada tempurung kelapa.....	53
Gambar 4. 3 Grafik laju suhu udara pada kayu.....	55

DAFTAR TABEL

	hlm.
Tabel 2. 1 Potensi beberapa jenis limbah biomassa di Indonesia	9
Tabel 2. 2 Keseimbangan panas pada berbagai jenis tungku.....	18
Tabel 2. 3 Komposisi Unsur Kimia Dalam Kayu	22
Tabel 2. 4 Komoditi biomassa dari limbah pertanian dan perkebunan	25
Tabel 2. 5 Nilai Kalor Jenis	25
Tabel 3. 1 Alat yang digunakan	27
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan.....	28
Tabel 3. 3 Tabel hasil pengujian	32
Tabel 3. 4 <i>Bill of material</i>	34
Tabel 3. 5 Proses pembuatan komponen.....	36
Tabel 3. 6 Komponen standar	39
Tabel 4. 1 Spesifikasi tungku.....	43
Tabel 4. 2 Hasil pengujian biomassa.....	44
Tabel 4. 3 Hasil uji temperatur tempurung kelapa.....	53
Tabel 4. 4 Hasil uji kayu	54
Tabel 4. 5 Biaya bahan langsung	56
Tabel 4. 6 Biaya tenaga kerja.....	58
Tabel 4. 7 Biaya bahan tidak langsung	58
Tabel 4. 8 Rincian biaya listrik	59
Tabel 4. 9 Hasil penyusutan mesin	60
Tabel 4. 10 Biaya tidak langsung.....	60
Tabel 4. 11 Biaya manufaktur.....	61

DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN SINGKATAN

No	Simbol	Keterangan
1	F	Gaya
2	J	Kapasitas Kalor
3	J/Kg	Kalor jenis
4	Ø	Diameter
5	D	Diameter
6	Q	Perpindahan kalor
7	°	Derajat
8	ΔT	Perubahan temperature
9	L	Panjang pada ruang pengering
10	Rpm	Revolution per minute
11	π	Konstanta phi
12	Mm	Milimeter
13	M	Meter
14	N	Putaran
15	N	Newton
16	J	Joule
17	Cm	Centimeter
20	A	Luas prisma segitiga
21	T	Waktu
22	KA	Kadar ait
23	Mb	Massa biomassa
24	HVF	Nilai kalor biomassa

DAFTAR LAMPIRAN

	hlm.
Lampiran 1. Proses Pembuatan dan Perakitan	12
Lampiran 2. Proses Pengambilan Data	14
Lampiran 3. Gambar Tungku	70
Lampiran 4. Nilai Kalor Biomassa	71
Lampiran 5. Faktor Keamanan	72
Lampiran 6. Penyusutan Biaya Mesin	73
Lampiran 7. Perawatan Mesin	77
Lampiran 8. Gambar Kerja	79



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Muhaimin Hidayat Arif Nur

Nim : 443 212 04

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Pengering Hasil Pertanian” Merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 1 Agustus 2023



Muhaimin Hidayat Arif Nur
443 21 204

xii

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Nugraha

Nim : 443 21 205

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Pengering Hasil Pertanian” Merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 1 Agustus 2023



Nugraha
443 21 205

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Muhammad Rezi Fandiyansyah

Nim : 443 21 208

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Pengering Hasil Pertanian” Merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 1 Agustus 2023



Muhammad Rezi Fandiyansyah
443 21 208

.xiv

RANCANG BANGUN TUNGKU BIOMASSA SEBAGAI ALAT PENGERING HASIL PERTANIAN

Muhaimin Hidayat¹⁾, Nugraha²⁾, Muhammad Rezi³⁾

RINGKASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat tungku biomassa untuk menghasilkan udara panas yang akan difungsikan ke ruang pengering hasil pertanian dan perkebunan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada metode diskriptif yaitu penelitian yang dilakukan secara sistematis, faktual, dan akurat. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di bengkel mekanik program studi Teknik mesin politeknik negeri ujung pandang. Hasil penelitian pada uji tungku biomassa ini menunjukkan bahwa temperatur rata-rata didalam tungku adalah 30°C dan output rata-rata temperatur yang dikeluarkan oleh pipa pembakaran adalah 34°C dengan waktu pembakaran selama 60 menit dengan jumlah bahan bakar biomassa 2 kg (1 kg tempurung kelapa dan 1 kg kayu). Output temperatur ini kemudian diteruskan ke ruang pengering sehingga dapat digunakan untuk menurunkan kelembaban dari biji-bijian, buah-buahan hasil pertanian dan perkebunan.

Kata kunci : Tungku , Bahan Bakar, Biomassa.

DESIGN OF A BIOMASS STOVE AS A DRYER FOR AGRICULTURAL PRODUCT

Muhaimin Hidayat¹⁾, Nugraha²⁾, Muhammad Rezi³⁾

ABSTRACT

The purpose of this research is to design and manufacture a biomass stove to produce hot air which will function in the drying chamber for agricultural and plantation products. The method used in this study refers to the descriptive method, namely research conducted systematically, factually, and accurately. The implementation of the research was carried out in the mechanical workshop of the Mechanical Engineering study program of the Ujung Pandang State Polytechnic. The results of this research on the biomass stove test showed that the average temperature in the furnace was 30°C and the average output temperature released by the combustion pipe was 34°C with a burning time of 60 minutes with a total of 2 kg of biomass fuel (1 kg of coconut shell and 1 kg of wood). This temperature output is then forwarded to the drying chamber so that it can be used to reduce moisture from grains, agricultural and plantation products.

Keywords: Furnace, Fuel, Biomass.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pengeringan hasil panen pertanian merupakan masalah utama yang sering dihadapi oleh petani tradisional di Indonesia. Hal ini disebabkan karena Indonesia merupakan negara agraris dengan tingkat kelembaban udara yang cukup tinggi (80-90% uap air). Kadar air awal yang cukup tinggi, cuaca yang tidak mendukung sering menjadi kendala yang sangat sulit dihadapi. Dalam kehidupan sehari-hari proses pengeringan sering kita jumpai terutama dalam pengeringan produk pangan hasil pertanian, proses pengeringan yang banyak dilakukan secara manual adalah menjemur produk yang akan dikeringkan dibawah sinar matahari. Agar hasil pertanian tetap bertahan dalam jangka waktu yang lama maka perlu dilakukan pengeringan dengan menggunakan teknologi sehingga tidak bergantung lagi pada cuaca, sehingga proses pengeringan menjadi suatu proses yang penting. Pengeringan merupakan upaya untuk mengurangi kandungan air pada bahan hingga tercapainya kadar air yang seimbang dengan lingkungan sekitar. Tujuan proses pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air sehingga memperlambat laju kerusakan bahan oleh jamur (utvi, 2017).

Pada umumnya, semakin tinggi kandungan air di dalam bahan pangan, semakin pendek umur simpannya. Umur simpan yang pendek dapat mengakibatkan kerugian yang cukup dan bahkan sangat besar baik secara ekonomis maupun pemanfaatannya. Cara yang paling sering dilakukan dan sudah merupakan metode yang paling tua adalah mengurangi kandungan air dalam bahan pangan. Dengan

demikian, tidaklah selalu bahwa pengeringan harus menggunakan suhu semaksimal mungkin yaitu suhu air menguap $\pm 100^{\circ}\text{C}$. Sumber panas yang digunakan dalam proses pengeringan dapat berasal dari sinar matahari, api, atau dari energi listrik.

Tujuan pengeringan selain untuk menurunkan kandungan air bahan pangan, juga untuk mengurangi bobot bahan, mengurangi atau memperlambat bahkan menghentikan proses fisiologis di dalam bahan pangan, serta mengeliminir pertumbuhan mikroba. Sebagai akibatnya, bahan pangan yang telah mengalami proses pengeringan akan memiliki daya simpan yang tinggi (Jamal, 2009).

Jika musim hujan, pengeringan hasil panen juga menjadi masalah. Dalam mata rantai pasca panen, proses pengeringan merupakan tahapan yang kritis karena keterlambatan proses pengeringan akan berakibat terhadap rusaknya hasil panen. Kondisi riil di lapangan sering dijumpai bahwa adanya perbedaan kadar air sangat berpengaruh (sangat nyata) terhadap harga jual hasil panen. Sehingga jika petani tidak cepat melakukan proses pengeringan, susut kuantitas dan kualitas akan menjadi tinggi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pengeringan dengan alat pengering buatan dapat menghasilkan produk dengan tingkat kerusakan secara kuantitas dan kualitas yang lebih rendah dan waktu pengeringan menjadi lebih singkat. Pengeringan menggunakan alat pengering mekanis meskipun mempunyai beberapa keunggulan tetapi tidak ekonomis jika hanya melayani satu petani saja dan jika digunakan hanya pada saat musim panen bersamaan dengan musim hujan (Jamal, 2009).

Pada musim kemarau, para petani dapat menjemur hasil panen mereka dengan cukup baik karena mendapatkan pasokan sinar matahari yang terus-

menerus, sehingga mendapatkan panen dengan kualitas baik karena hasil panen dapat mencapai prosentase kadar air yang ditentukan (Noble & Andrizal, 2003).

Tapi pada musim penghujan, itu hal yang lain karena hasil panen yang akan masuk ke tahap pengeringan akan terhambat dikarenakan tidak adanya pasokan sinar matahari langsung mengakibatkan hasil panen petani menjadi rusak ataupun busuk karena cuaca yang lembab. Pengolahan hasil pertanian memerlukan banyak energi, sehingga kebutuhan dan suplai energi yang murah dan ter-barukan merupakan kebutuhan primer. Tungku yang dibuat mampu memberikan penyediaan energi alternatif terbaru-kan, terutama biomasa yang biasanya sudah tersedia di lahan pertanian sebagai limbah dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Sehingga dengan penggunaan tungku ini, para petani akan mendapatkan manfaat ganda yakni membersihkan limbah pertanian dan memperoleh sumber energi untuk pengolahan produk pertanian. Dengan penggunaan tungku ini sampah biomasa dapat terbakar dengan sempurna dengan tanpa menimbulkan polusi udara dan energi panasnya dapat dimanfaatkan untuk keperluan pengolahan hasil pertanian.

Seiring dengan berkembangnya teknologi maka banyak orang yang menciptakan mesin untuk mengeringkan hasil pertanian. suhu dan laju sangat berpengaruh ketika proses pengeringan, maka dari itu penulis mengangkat judul "Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Alat Pengering Hasil Pertanian" sebagai judul Skripsi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, dapat diperoleh rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana menentukan model desain dan pemilihan material?
2. Bagaimana mengetahui suhu dan laju panas yang dihasilkan oleh tungku?
3. Seberapa besar energi panas yang tersedia pada Tungku Biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai alat pengering hasil pertanian?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Untuk memperjelas batasan masalah yang akan kami bahas dalam skripsi ini, maka perlu adanya batasan masalah yang akan diuraikan. Adapun batasan masalah skripsi ini adalah:

1. Dalam skripsi ini hanya akan membahas tentang biomassa sebagai bahan pembakaran.
2. Dalam skripsi ini hanya membuat sistem tungku pemanas.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

Berdasarkan rumusan masalah yang dijelaskan di atas, maka tujuan penelitian ini ialah menghasilkan alat atau tungku kapasitas 1 kg bahan bakar biomassa untuk:

1. Mengetahui suhu pada ruang bakar dengan temperatur 50°-100°C.
2. Pada temperatur output 40°C-60°C
3. Target laju panas yang optimal dari proses pembakaran pada tungku menggunakan bahan bakar biomassa ialah 0,13 Kg/jam .

4. Menentukan besar energi panas yang tersedia pada tungku biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk mengeringkan hasil pertanian.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk memanfaatkan bahan bakar biomassa limbah pertanian sebagai sumber panas dalam proses pengeringan hasil pertanian.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam mengembangkan desain alat pengering Tungku Biomassa.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tungku Biomassa

Tungku biomassa merupakan media yang biasa digunakan untuk melangsungkan reaksi pembakaran, kemudian panas yang dihasilkan dimanfaatkan untuk keperluan memasak. Desain tungku biomassa digunakan masyarakat masih sangat sederhana sehingga efisiensi pembakaran masih rendah, yakni hanya berkisar 5 hingga 10%.

Pada tungku yang memanfaatkan aliran udara yang alami, asap dan gas-gas kalor yang naik melalui cerobong menghasilkan tekanan yang kuat dan menarik udara agar melalui bahan bakar yang menyala. Bahan bakar dimasukkan kedalam tungku di atas api yang menyala. Lubang ditempatkan di bawah ruang bakar. Sehingga mengakibatkan semua udara yang masuk ke dalam tungku untuk mengalir melalui bahan bakar yang sedang menyala. Abu dan sisa-sisa pembakaran lainnya dikeluarkan dari tungku dibawah ruang bakar tersebut.

2.1.1 Jenis-Jenis Tungku Biomassa

Ada dua jenis tungku biomassa:

1. Tungku Biomassa pembakaran langsung

Tungku Biomassa pembakaran langsung adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa langsung ditransfer ke dalam ruang pengering dengan cara langsung atau dipaksa dengan menggunakan blower, jadi yang masuk ke dalam ruang pengering atau oven berupa asap dan panas dari api, cara ini

biasanya digunakan untuk pembuatan kopra hitam, pengeringan produk bukan makanan.

2. Tungku Biomassa Pembakaran Tidak Langsung

Tungku biomassa pembakaran tidak langsung adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa hanya berupa udara panas saja, sedangkan asapnya dibuang keudara, cara ini biasa digunakan untuk pembuatan kopra putih, pengeringan ikan, pengeringan kopi, pengeringan kakao dan lain-lain.

Dasar pemikiran dalam mendesain suatu tungku antara lain kebutuhan penggunaan sumber daya yang ada. Data teknis dan parameter sosial diperlukan untuk mendesain tungku yang tepat guna. Beberapa data yang dibutuhkan untuk mendesain suatu tungku menurut *project officer Cambodia Fuelwood Saving Project (CFSP)* antara lain:

1. Fungsi tungku: dilihat dari keperluan penggunaan, seperti untuk merebus, menggoreng, mengukus, memanggang, mengasap, mendidihkan dalam waktu lama, dan lain-lain.
2. Bahan-bahan tungku: material yang digunakan (aluminium, tembaga, kuningan, plat besi, besi tuang, *stainless stell*, keramik, tembikar), bentuk (datar atau dasarnya berbentuk bola), karakteristik penggunaan (pemberian tekanan atau tekanan normal), tipe penggunaan (merebus, menggoreng, dan lain-lain), ukuran (diameter, tinggi).
3. Kebiasaan memasak: posisi memasak (duduk, berdiri, jongkok, menekuk kaki), tradisi dan kebiasaan-kebiasaan sosial.


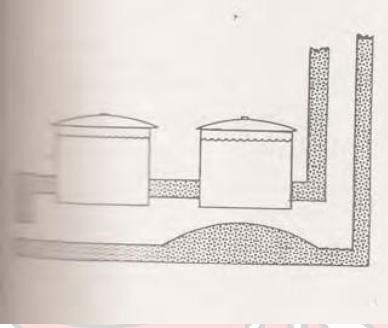
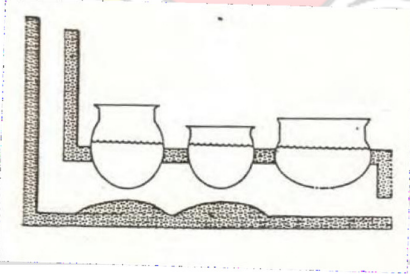
4. Tipe bahan bakar dan ukuran: tipe (balok, kayu, limbah pertanian, batubara, limbah biomassa, kayu keras), ukuran bahan bakar.
5. Konstruksi tungku: bahan-bahan lokal yang tersedia, ukuran tungku, satu atau lebih lubang dapur .

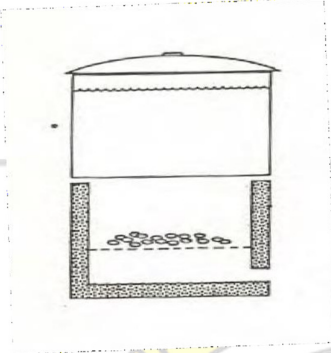
2.1.2 Prinsip Dasar Tungku

Prinsip dasar tungku adalah sebagai sarana proses pembakaran bahan bakar. Proses pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen. Pada proses ini perlu diperhatikan antara jumlah bahan bakar dan oksigen (yang diwakili oleh laju aliran udara) yang tepat sehingga proses pembakaran mendekati sempurna. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah efisiensi panas yang dihasilkan pada tungku. Selanjutnya perlu juga dipertimbangkan masalah biaya, kemudahan operasi dan pemeliharaan tungku.

Tungku secara umum memiliki beberapa bagian utama dengan fungsi masing-masing yang antara lain meliputi tempat bahan bakar (Limbah Biomassa), tungku pembakaran dan aliran udara. Tungku berbahan bakar biomassa mempunyai tambahan bagian penting lainnya untuk proses pembakaran, yaitu Wadah Pengering dan aliran udara paksa (Blower). Dalam rancang bangun tungku digunakan plat yang cukup kuat agar dapat bertahan dalam waktu yang lama dan tidak mudah rusak. Uji Teknik dilakukan pada tungku untuk mengetahui proses pembakaran yang terjadi dan efisiensi panas yang dihasilkan dalam proses perhitungan.

Tabel 2. 1 Kestimbangan panas pada berbagai jenis tungku (Sumber: Baldwin, 1987)

Jenis tungku	Kestimbangan panas yang terjadi
<p data-bbox="378 405 818 436">Tungku tradisional perapian terbuka</p> 	<p data-bbox="898 405 1162 468">Berguna: 8% Untuk pemasakan</p> <p data-bbox="898 506 1304 604">Losses: 10% hilang terevaporasi dilubang dapur 82% hilang di lingkungan</p>
<p data-bbox="378 720 818 783">Tungku permanen dengan dua lubang dapur dan sebuah cerobong</p> 	<p data-bbox="898 720 1263 846">Berguna: 11.8% diserap oleh alat masak pertama 3.6% diserap oleh alat masak kedua</p> <p data-bbox="898 884 1304 1182">Losses: 29.2% diserap oleh badan tungku 1.9% hilang oleh radiasi dan konveksi dari badan tungku 39% hilang sebagai energi panas dalam aliran gas 2.7% hilang selama pembakaran tidak sempurna 11.8% tidak terhitung</p>
<p data-bbox="378 1203 818 1266">Tungku permanen dengan tiga lubang dapur dan sebuah cerobong</p> 	<p data-bbox="898 1203 1154 1266">Berguna: 6% untuk pemasakan</p> <p data-bbox="898 1304 1304 1707">Losses: 4% hilang terevaporasi di lubang dapur 2.1% hilang dari permukaan alat masak 13.9% diserap oleh badan tungku 30.2% hilang sebagai energi panas dalam aliran gas 1.1% hilang sebagai monodioksida 1.9% hilang untuk evaporasi bahan bakar 5.9% hilang sebagai panas laten dari penguapan uap air 11% hilang sebagai abu</p>

<p>Tungku batubara Thailand</p> 	<p>Berguna: 3.1 % diserap untuk pemasakan</p> <p>Losses: 4.6% hilang terevaporasi di lubang dapur 0.2% hilang karena konveksi dan radiasi dari jarak antara lubang dapur dengan alat masak 13% diserap oleh badan tungku 1.3% hilang karena konveksi dan radiasi dari badan tungku 2.1% hilang sebagai energi panas dalam aliran gas 0.7% hilang sebagai monodioksida selama pembakaran tak sempurna 75% hilang saat konversi biomassa menjadi arang</p>
---	--

Menurut Djatmiko (1986) untuk mengurangi kehilangan panas pada tungku atau kompor dapat dilakukan dengan memberi insulasi pada tungku atau kompor, mengatur lubang pemasukan udara dan penyempurnaan pembakaran, aliran udara dikonsentrasikan ke lubang dapur, desain pengeluaran (cerobong) yang sesuai untuk pengeluaran udara, pemakaian alat masak yang mengurangi kebocoran dan kehilangan panas.

Dalam membuat tungku dengan efisiensi tinggi, faktor yang harus diperhatikan adalah konservasi panas. Panas yang hilang pada tungku dapat terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna (*incomplete combustion*), kehilangan

panas akibat pemanasan tungku, kehilangan panas dari dinding tungku ke alat pemasak, penggunaan energi untuk menguapkan air yang berlebih pada bahan bakar kayu yang memiliki kadar air tinggi, tidak digunakannya penutup alat masak

ketika memasak, dan penggunaan potongan-potongan bahan bakar kayu yang terlalu besar atau kecil (Surtikasari, 1995).

2.2 Komponen Sistem

Tungku Biomassa merupakan alat yang dapat menghasilkan panas, panas tersebut dapat disalurkan pada peralatan lain yang memerlukannya dan berbahan bakar biomassa padat. Bahan bakar biomassa adalah semua yang berasal dari kayu bakar, tumbuh-tumbuhan, daun-daunan, limbah pertanian, limbah rumah tangga, sampah organik, dan lain-lain. Bagian-bagian dari tungku biomassa adalah sebagai berikut :

- A. Ruang Tungku
- B. Pipa Pembakaran
- C. Pipa Cerobong Asap
- D. Tempat pembuangan Limbah
- E. Pintu Tungku

2.3 Pemilihan Material

Dalam perencanaan suatu alat atau mesin, pertimbangan-pertimbangan untuk memilih bahan merupakan hal yang sangat penting diperhatikan sebelum melakukan perhitungan. Dalam pemeliharaan bahan ini juga harus dipertimbangkan kemampuan dari bahan itu, fungsi dan gaya yang diterima dari bahan itu dan tegangan-tegangan yang mampu ditahan oleh benda itu selama

beroperasi serta mudah atau tidaknya bahan tersebut didapatkan dipasaran. Tujuan dari pemilihan bahan ini adalah untuk mengefisienkan pemakaian bahan sehingga Harga jual produk bisa bersaing dipasaran. Proses pemilihan material untuk komponen mengikuti langkah langkah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi persyaratan desain.
2. Mengidentifikasi kriteria pemilihan bahan.
3. Identifikasi material kandidat.
4. Mengevaluasi material kandidat.
5. Pemilihan Material.

- Besi Hollow

Besi hollow pun dapat dipasang dengan cepat karena material ini sifatnya praktis. Selain itu, material ini juga tahan terhadap serangan rayap, tahan serangan binatang pengerat, serta lebih tahan api. Material besi hollow juga terbuat dari bahan yang kokoh dan dapat digunakan untuk jangka waktu yang panjang. Oleh karena itu, besi holo lebih awet dan tahan lama dibandingkan kayu yang sering juga dipakai sebagai material untuk rangka plafon maupun dinding.(Johanes Michael, 2022)



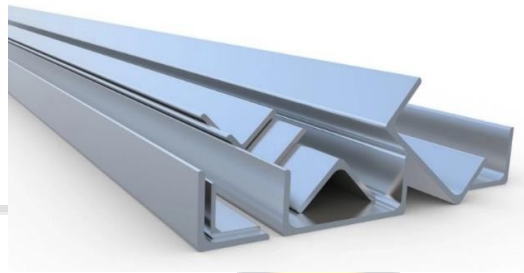
Gambar 2. 1 Besi Hollow

- Besi Siku

Besi siku adalah bahan konstruksi yang bisa dengan mudah digunakan pada berbagai benda yang ada. Peran dan fungsinya juga tidak bisa digantikan dengan benda lain karena memiliki daya tahan yang baik dan praktis untuk digunakan. Tidak hanya itu saja, besi siku juga dijual dengan harga yang relatif murah sehingga Anda tidak perlu mengeluarkan biaya yang banyak.

Kelebihan Besi Siku :

- A. Besi yang menyiku ini memiliki bobot yang jauh lebih ringan dibandingkan dengan produk baja struktural lainnya. Meskipun bobotnya lebih ringan, kekuatan struktural yang dimiliki oleh besi siku tidak bisa dianggap remeh dan mampu membuat bangunan menjadi lebih kokoh dan kuat.
- B. Besi jenis ini memiliki berbagai dimensi dan ukuran yang bervariasi. Anda bisa menyesuaikan ukuran ketebalan yang berbeda-beda dan menyesuaikannya dengan kebutuhan serta *budget* yang dimiliki. Ketebalan dari besi ini tentu akan mempengaruhi beban maksimal yang mampu ditahannya.
- C. Besi yang menyiku sangatlah serbaguna, sehingga bisa digunakan untuk berbagai bentuk proyek dengan mudah. Besi bisa dimanfaatkan untuk menjadi elemen struktural hingga keperluan dekoratif. (Rumah.com, 2020)



Gambar 2. 2 Besi Siku

- *Pipa Besi Galvanis*

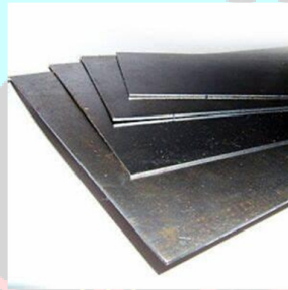
Pipa galvanis adalah pipa besi yang dibuat melalui campuran besi dan seng sebagai zat kimia untuk dijadikan sebagai bahan pelapis besi. Alasan penggunaan pipa galvanis karena pipa tersebut dilapisi oleh seng. Seng inilah yang melindungi baja dari korosi, dikarenakan pipa tersebut langsung bersentuhan dengan proses pembakaran dengan suhu rata-rata suhu udara keluaran tungku pembakaran adalah $70,64^{\circ}\text{C}$. (Radjak Pakaya, et all., 2021)



Gambar 2. 3 Pipa Galvanis

- **Plat Besi Hitam**

Besi plat atau disebut sebagai bantalan molibdenum kromium nikel austenitic, memiliki daya tahan terhadap korosi yang bisa mengurangi terjadinya kontaminasi ke minimum. Besi ini dapat kita jumpai di berbagai toko bangunan atau material. Besi plat merupakan bahan material yang sering kali digunakan untuk bermacam-macam kebutuhan industri sesuai dengan jenis dan kegunaannya.. (kpssteel.com, 2020) (mitrabajasejahtera.com, 2020)



Gambar 2. 4 Besi Plat Hitam

- **Batu Merah**

Batu bata adalah salah satu unsur yang dipergunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan. Pada dasarnya, batu bata terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain melalui beberapa tahap pengerjaan seperti penggalian, pengolahan, pencetakan, pengeringan dan pembakaran. Batu bata dibakar pada temperatur yang tinggi hingga mengeras dan berubah warna, serta tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Batu bata memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya, khususnya batako dan batu. Kelebihan batu bata antara lain adalah: Tahan terhadap bahaya api,

terutama pada saat kebakaran.,Tidak dibutuhkan keahlian khusus dalam memasang batu bata. Dan merupakan bahan bangunan yang tergolong murah dan cukup mudah ditemukan.(dedy wahyudi, 2021)



Gambar 2. 5 Bata Merah

2.4 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan, (Abdullah *et all*, 1998). Dalam industri produksi energi, biomassa merujuk pada bahan biologis yang hidup atau yang baru mati yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar atau untuk produksi industrial. Umumnya biomassa merujuk pada materi tumbuhan yang dipelihara untuk digunakan sebagai *biofuel*, tapi dapat juga mencakup materi tumbuhan atau hewan yang digunakan untuk produksi serat, bahan kimia, atau panas. Biomassa dapat pula meliputi limbah terbiodegradasi yang dapat dibakar sebagai bahan bakar. Biomassa tidak mencakup materi organik yang telah tertransformasi oleh proses geologis menjadi zat seperti batubara atau minyak bumi. Contoh biomassa antara

lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian dan limbah hutan, tinja dan kotoran ternak.

Biomassa terutama dalam bentuk kayu bakar dan limbah pertanian merupakan sumber energi tertua. Hingga sekarang, biomassa sebagai sumber energi masih cukup berperan terutama di negara-negara berkembang (tidak termasuk OPEC) pada tahun 1977 adalah 2.6 BOE per kapita per tahun, atau sekitar 54% dari konsumsi energi secara keseluruhan (Abdullah *et al*, 1998). Selain itu, menurut satu perkiraan teroris, jumlah biomassa yang dihasilkan setahun oleh seluruh dunia mencapai 75 milyar ton, atau sekitar 1500 juta barrel minyak equivalen per hari.

Di Indonesia, biomassa merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting. Produk primer yang dihasilkan seperti serat, kayu, minyak, bahan pangan, dan lain-lain, selain digunakan untuk kebutuhan domestik juga diekspor untuk mendatangkan devisa bagi negara. Selain digunakan untuk tujuan primer, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Biomassa sebagai sumber energi biasanya diperoleh dari areal hutan (limbah tebang, patahan cabang dan ranting), pertanian (limbah pertanian), perkebunan (pohon atau tanaman yang diremajakan, limbah pasca panen dan limbah pengolahan), pemukiman (pohon, tanaman kayu, tinja dan sampah), peternakan (kotoran ternak), dan limbah beberapa jenis industri (Abdullah *et al*, 1998).

2.4.1 Limbah Biomassa Sebagai Sumber Energi

Limbah Biomassa yang digunakan sebagai sumber energi pada umumnya adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Potensi beberapa limbah biomassa dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Potensi beberapa jenis limbah biomassa di Indonesia (Sumber: Riseanggara, 2008)

No	Komoditi/produk	Tipe limbah biomassa	Potensi limbah
1	Padi (gabah)	Batang padi	5000 kg/ton gabah
2	Beras	Sekam padi	280 kg/ton gabah
3	CPO	Pelepah daun	24.84 ton/Ha
4	CPO	Tandan kosong (FEB)	200 kg/ton FFB
5	CPO	Serat dan cangkang	420 kg/ton CPO
6	CPO	Kayu (<i>replanting</i>)	74.5 ton/Ha <i>replanting</i>
7	CPO	Lumpur sawit	NA
8	Jagung	Bonggol jagung	NA
9	Ubi kayu	Batang pohon	800 kg/ton ubi kayu
10	Gula tebu	Bagas	280 kg/ton gula
11	Kayu	Serbuk gergaji	NA
12	Kelapa	Serat	280 kg/ton kelapa
13	Kelapa	Batok kelapa	150 kg/ton kelapa
14	Karet	Kayu (peremajaan)	1500 m ³ /Ha peremajaan
15	Kakao	Kulit buah kakao	NA
16	Kopi	Daging buah & kulit kopi	NA
17	Minyak jarak	Kulit/daging buah	NA
18	Minyak jarak	Cangkang buah	NA
19	Minyak jarak	Getah	NA
20	Minyak jarak	Ampas jarak	700 kg/ton biji jarak

Bila melihat potensi limbah biomassa yang begitu besar sebagai sumber energi alternatif maka pemasyarakatan penggunaan limbah biomassa sebagai energi alternatif sangat dimungkinkan. Pengurangan konsumsi bahan bakar fosil sesuai dengan *blue print* pengelolaan energi nasional 2005-2025, kebijakan Indonesia memiliki sasaran salah satunya adalah meningkatkan energi terbarukan (penggunaan energi biomassa) menjadi 15% dari total pemakaian sumber energi (Riseanggara, 2008).

2.5 Proses Pembakaran

Pembakaran sempurna adalah proses pembakaran dimana gas buang yang dihasilkan terdiri dari gas CO₂ dan Air. Gas hasil pembakaran disamping dua gas tersebut, terdapat juga gas-gas lain hasil dari pembakaran tidak sempurna, seperti gas CO, HC, NO_x dan partikel padat (Atim, dkk, 2005)

Untuk pembakaran bahan bakar padat, partikel padat umumnya dalam bentuk abu, seperti halnya hasil sisa pembakaran batu bara dan kayu bakar. Pembakaran sempurna bahan bakar kayu akan terjadi jika memenuhi beberapa persyaratan berikut:

1. Suhu ruang bakar dan kayu bakar tinggi kurang lebih 650°C.

Suhu ruang bakar dan suhu kayu bakar tinggi diperlukan untuk melepaskan uap air dan gas-gas yang bisa menguap dari kayu, sehingga mempermudah pembakaran dapat berlangsung sempurna.

2. Ukuran kayu dibuat kecil dan kering.

Dimaksudkan untuk memperluas permukaan kayu, sehingga kontak dengan udara dapat berlangsung baik. Hal ini dapat meningkatkan rasio jumlah udara bahan bakar (AFR) dan proses pencampuran udara bahan bakar berlangsung lebih sempurna. Kecukupan udara untuk proses pembakaran perlu diciptakan sehingga pembakaran kayu bakar berlangsung dengan baik. Ketidakcukupan udara akan berakibat banyaknya bahan bakar yang tidak terbakar. Untuk menciptakan sirkulasi udara yang sesuai dengan kebutuhan proses pembakaran perlu didisain dimensi dan tinggi ruang bakar yang memungkinkan tarikan udara alami dalam ruang bakar dapat berlangsung baik.

3. Kandungan air (kelembaban) kayu.

Kandungan air dalam kayu akan berpengaruh terhadap nilai kalor kayu, yang selanjutnya akan mempengaruhi proses pembakaran. Kayu kering mempunyai nilai kalor tinggi dan sebaliknya kayu basah mempunyai nilai kalor rendah.

2.6 Biomassa Sebagai Bahan Bakar

Ada banyak kemudahan dalam penggunaan kompor biomassa dari segi kebutuhan bahan bakar sangat mudah didapat karena kompor biomassa menggunakan biomassa padat yang ada disekitar lingkungan dan alam. Berikut ini adalah bahan bakar yang dapat digunakan dalam pengaplikasian kompor biomassa sebagai pengganti kompor berbahan bakar fosil antara lain :

2.6.1 Limbah Kayu

Limbah kayu adalah jenis limbah dari pengolahan kayu yang dikumpulkan untuk digunakan sebagai bahan bakar. Umumnya tatal kayu merupakan bahan yang diperoleh dari sisa pengetaman dan pemotongan kayu yang berbentuk serpihan maupun serbuk. Kadar air dari limbah kayu menentukan bagaimana kayu terbakar dan seberapa besar nilai kalornya. Kadar air kayu bervariasi tergantung spesies. Kayu yang masih hijau (belum dikeringkan) dapat memiliki massa hingga dua kali lipat kayu kering karena adanya kadar air tersebut.



Gambar 2. 6 Kayu Randu/Kayu Multiplek

Umumnya kayu yang telah dikeringkan dan siap digunakan akan memiliki kadar air antara 15 hingga 25 persen. Pengukuran nilai kalor dari kayu bakar umumnya menggunakan nilai kalor kayu kering oven dikurangi kalor uap sesuai kadar air kayu kering siap pakai. Nilai kalor dari kayu bakar akan bervariasi tergantung pada spesies pohonnya. Sisa proses kayu adalah proses kayu atau bagian kayu yang dianggap tidak bernilai ekonomi lagi dalam proses tertentu, pada waktu tertentu yang mungkin masih dimanfaatkan pada proses dan waktu yang berbeda. Komposisi unsur kimia dalam kayu secara umum dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 3 Komposisi Unsur Kimia Dalam Kayu (Sumber: Fisafarani, 2010)

No	Unsur	% Berat Kering
1	Karbon	50
2	Hidrogen	6
3	Nitrogen	0,04 – 0,01
4	Abu	0,26 – 0,50
5	Oksigen	0 – 45

Berdasarkan asalnya sisa proses kayu dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Sisa proses kayu yang berasal dari daerah pembukaan lahan untuk pertanian dan perkebunan antara lain berupa kayu yang tidak terbakar, akar, tunggak, dahan dan ranting.
2. Sisa proses kayu yang berasal dari daerah penebangan pada areal HPH dan IPK antara lain potongan kayu dengan berbagai bentuk dan ukuran, tunggak, kulit, ranting pohon yang berdiameter kecil dan tajuk dari pohon yang ditebang.
3. Sisa proses hasil dari proses industri kayu lapis dan penggergajian berupa serbuk kayu, tatal kayu, potongan pinggir, serbuk pengamplasan, *log end* (hati kayu) dan *veneer* (lembaran triplek).

2.6.2 Biomassa Tempurung Kelapa.

Tempurung kelapa teletak dibagian dalam kelapa setelah sabuk. Tempurung kelapa merupakan lapisan keras dengan ketebalan 3 mm sampai 5 mm. sifat kerasnya disebabkan banyaknya kandungan silikat (SiO_2) yang terdapat dalam tempurung. Dari berat total buah kelapa, antara 14-17 % merupakan berat

tempurung. Selain itu tempurung juga mengandung banyak mengandung lignin. Sedangkan kandungan *methoxyl* dalam tempurung kelapa hamper sama dengan terdapat pada kayu. Pada umumnya nilai kalor yang terdapat dalam tempurung kelapa adalah berkisar antara 18200 hingga 19388,05 kj/kg.



Gambar 2. 7 Limbah Tempurung Kelapa

Biomassa disebut juga sebagai “fitomassa” dan sering kali diterjemahkan sebagai bioresource atau sumber daya yang diperoleh dari hayati sumber biomassa bisa berasal dari material organik lain yang menyimpan energi matahari dalam bentuk kimiawinya. Kemudian kandungan molekul-molekul seperti karbon hydrogen, dan oksigen dipisahkan dengan pembakaran.

Tabel 2. 4 Komoditi Biomassa dari Limbah Pertanian dan Perkebunan
(Sumber: Ibrahim M, 2016)

Jenis Biomassa	Produksi Spesifik (ton/ha/tahun)	Nilai Kalor (ton/ha/tahun)	Potensi Energi (MJ/ha/tahun)
Sekam Padi	1,0	1,1	11.8
Tongkol Jagung	1,2	15,1	17.3
Kayu Laban	3,5	13,4	24.2
Bagas Tebu	24,1	12,0	288.2
Tempurung Kelapa	0,6	170	9.6
Kayu Mahoni	2,1	12,0	12.7

Tandan Kosong Sawit	4,0	8,3	32.8
Serat Buah Sawit	2,0	9,7	19.2

Dalam tabel diatas yang diberi tanda hijau adalah bahan bakar biomassa yang digunakan pada unjuk kerja tungku penukar kalor dengan bahan bakar biomassa.

2.6.3 Laju Pembakaran

Laju pembakaran adalah proses pengujian dengan cara membakar biomassa untuk mengetahui lama nyala suatu bahan bakar, kemudian menimbang massa bahan bakar yang terbakar (Almud kk, 2014).

Laju pembakaran dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{m}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

M = Massa Biomassa yang terbakar (massa bahan bakar awal – massa bahan bakar sisa) (gram)

t = Waktu Pembakaran (menit)

2.6.4 Input Energi Panas

Input energi panas adalah jumlah energi panas yang digunakan dalam menguapkan air (Johanes Michael, 2022).. Ini dihitung menggunakan rumus:

$$Q_{in} = \frac{HVF \left(\frac{kJ}{kg} \right) \times Mb (Kg)}{\text{Waktu Operasi (s)}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

Q_{in} = energi panas tersedia dalam bahan bakar (kJ/s)

HVF = Nilai kalor biomassa (kJ/kg)

M_b = Massa Biomassa (kg)

Tabel 2. 5 Nilai Kalor Jenis (Sumber: Atim, 2015)

Jenis Benda	Kalor Jenis (C)	
	J/Kg. ⁰ C	Kkal/Kg. ⁰ C
Air	4180	1,00
Alcohol (Ethyl)	2400	0,57
Es	2100	0,50
Kayu	1700	0,40
Aluminium	900	0,22
Marmer	860	0,20
Kaca	840	0,20
Besi/Baja	450	0,11
Tembaga	390	0,093
Perak	230	0,059

2.7 Komponen Rotary Dryer

Blower/fan adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu . Beberapa jenis aliran yang diciptakan dalam *blower* yaitu sebagai berikut:

2.7.1 Axial Blower

Axial Blower digunakan untuk memindahkan sejumlah volume udara atau gas melalui suatu saluran (duct). *Axial Blower* adalah unit yang memiliki bentuk yang sama dengan drum. Axial Blower mempunyai kapasitas udara yang besar tetapi mempunyai static pressure/tekanan yang kecil. Dalam pegerasiannya *Axial Blower* menggunakan system ducting dan dapat ditempatkan diujung ducting.

Axial Blower mempunyai konstruksi yang mendorong fluida kerja dengan arah yang sejajar terhadap sumbu/poros *impeller* nya. *Axial Blower* dapat menghasilkan laju aliran yang besar dan secara terus menerus namun mempunyai tekanan relative kecil dan memerlukan daya input yang relatif rendah.

Karena karakter dari blower tipe ini memiliki tekanan rendah, aliran udara volume tinggi tergantung dari ukuran *impeller* nya, pada *Axial Blower* dengan ukuran yang kecil banyak diaplikasikan untuk menghisap udara dalam ruangan, dan untuk ukuran yang besar bisa digunakan pada *cooling tower*.



Gambar 2. 8 Fan Blower

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Kegiatan Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Pengering Hasil Pertanian dilaksanakan di Bengkel Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan selama 4 bulan mulai dari bulan Oktober 2022 sampai dengan Januari 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini akan digunakan berbagai alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan membuat Tungku Biomassa ini merupakan peralatan standar dalam proses permesinan, adapun peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan

No.	Nama Alat	No.	Nama Alat
1	Mesin potong pelat	4	Mesin Las
2	Mesin gerinda tangan	5	Alat Ukur
3	Mesin bor	6	Alat Pelindung Diri

3.2.2 Bahan

Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan

No.	Nama Bahan	No.	Nama Bahan
1	Pelat baja	5	Pasir
2	Besi siku	6	Pipa Galvanis
3	Batu merah	7	Aluminium Foil
4	Semen	8	Baut dan Mur

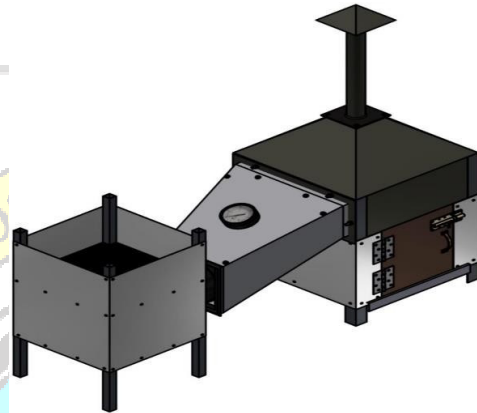
3.3 Perancangan Alat

Perancangan mesin digunakan jenis pendekatan eksperimen desain dengan menggunakan bantuan aplikasi Autodesk Fusion 360. Penggunaan aplikasi Autodesk Fusion 360 bertujuan untuk mendesain atau membuat skematik tungku biomassa sebagai alat pengering agar lebih mudah untuk difabrikasi nantinya. Langkah pertama pada aplikasi Autodesk Fusion 360 yaitu proses sketch (gambar 2D) dilanjutkan dengan pembuatan part/komponen (gambar 3D) yang ada pada tungku, kemudian dilanjutkan dengan proses assembly atau penggabungan part menjadi satu kesatuan tungku biomassa sebagai alat pengering hasil pertanian.

3.3.1 Konsep Perancangan Tungku Biomassa

Perancangan konsep tungku biomassa sebagai alat pengering hasil pertanian merupakan pembuatan gambaran awal tentang rancangan yang akan dibuat. Proses perancangan mesin antara lain: 1) merancang konsep awal bentuk mesin, 2)

merancang konsep ukuran mesin, 3) merancang konsep distribusi udara pengering, dan 4) konsep tata letak komponen tungku.

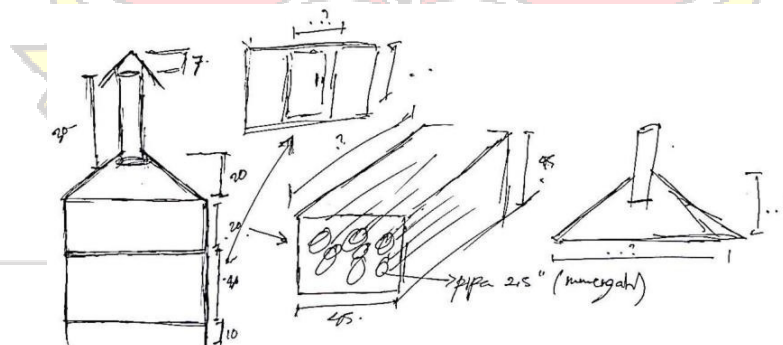


Gambar 3. 1 3D Model Desain

3.4 Konsep Awal Mesin

3.4.1 Konsep Awal Bentuk Mesin

Perancangan tungku biomassa ini menggunakan fan blower sebagai system pengeringan sehingga lebih memudahkan dan mempercepat proses pengeringan produk pertanian yang memiliki karakteristik biji-bijian dan simplisia.



Gambar 3.2 Konsep awal bentuk mesin

3.4.2 Konsep Ukuran Mesin

Pemilihan ukuran tungku pengering mempertimbangkan mengenai mobilitas serta kenyamanan dalam pengoperasian. Mobilitas tungku pengering untuk memudahkan membawa mesin pengering yang ditandai dengan kemudahan saat diangkut oleh kendaraan namun dapat memuat produk pengeringan dalam jumlah yang cukup banyak. Oleh karena itu penentuan ukuran tungku tidak lebih panjang dari ukuran panjang bak mobil pick-up yaitu dengan panjang 1295 mm, lebar 450 mm dan tinggi 1320 mm. Selain itu, pemilihan ukuran tungku pengering juga berdasarkan standar pabrikan ukuran lebar plat stainless steel yaitu 1200 mm. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalisasi material yang digunakan dan mengurangi waktu dalam pemotongan bahan saat fabrikasi mesin. Adapun pemilihan material ditentukan untuk mengetahui kebutuhan ukuran tungku yang dibutuhkan.

3.4.3 Konsep Distribusi Udara pengering

Mekanisme distribusi udara dari tungku pengering ini adalah udara masuk dibantu dengan dorongan *fan blower* melewati pipa pembakaran yang menghantarkan udara panas setelah dipanaskan oleh pemanas. Sumber pemanas berasal dari tungku pembakaran. Udara panas dihembuskan oleh *fan blower* ke seluruh ruang pengering melewati celah bagian bawah mesin, dilanjutkan ke bagian ruang pengering melewati celah dan lubang pipa, dilanjutkan lagi dengan sebaran ke bagian atas mesin yang terdapat ruang pengering, udara panas merata menyentuh

produk yang dikeringkan. Kemudian udara akan keluar melalui corong udara sebelah kanan atas mesin.

3.4.4 Konsep Tata Letak Komponen Pengering

Mesin pengering ini dibuat dengan komponen yang terdiri dari ruang pengering sebagai tempat pengeringan, elemen pemanas sebagai sumber pemanas, dan *fan blower* yang digunakan untuk memperlancar sirkulasi udara.

3.5 Hasil Rancangan

Hasil rancangan dari berbagai part komponen tungku, digabungkan menjadi satu model alat pengering dapat dilihat pada (Lampiran 8) Mesin pengering ini memiliki lapisan aluminium foil sebagai isolator panas. aluminium foil ini terutama melapisi pada bagian ruang pengering sehingga panas lebih optimal dalam ruang pengering.

Hasil rancangan mesin pengering tungku biomassa sebagai alat pengering hasil pertanian tersebut mengalami pengembangan dan perubahan dalam perancangannya. Pemilihan material mesin sebagian besar dari bahan stainless steel terutama pada bagian yang bersentuhan langsung dengan produk yang akan dikeringkan. Bagian penutup (*cover*) juga terbuat dari bahan stainless steel yang dapat diubah atau didesain menjadi sejumlah bentuk, salah satunya plat.

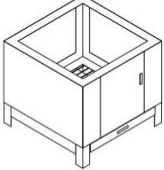
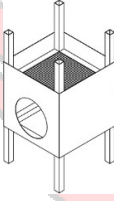
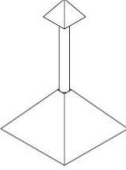
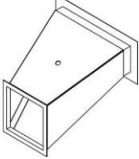
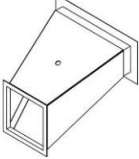
Keunggulan lainnya adalah tingkat kontaminasi kimia yang rendah, mudah dibersihkan, tahan lama, dan punya sifat mekanik yang cukup baik serta biaya yang lebih terjangkau. Mesin pengering ini terdiri dari beberapa bagian atau komponen

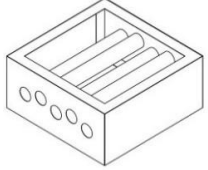
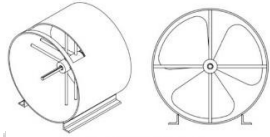
utama (Lampiran 8). Komponen utama mesin pengering tipe ganda dibagi menjadi lima, antara lain: 1) rangka tungku, 2) ruang pengisapan udara, 3) pipa pembakaran 4) fan blower, (5) pipa pembakaran dan (6) ruang pengering.

3.6 Gambar Perancangan Bagian-Bagian Tungku biomassa

Secara fungsional rancangan tungku biomassa terdiri atas beberapa komponen dengan fungsi-fungsi tertentu, antara lain:

Tabel 3. 3 Tabel Hasil Uji Coba Fungsi Tungku Pengering

No.	Fungsi Bagian	Deskripsi
1	Kerangka Mesin 	Rangka mampu menahan selama terjadinya proses pembakaran bahan bakar, dalam hal ini berupa biomassa yang dibatasi oleh dinding.
2	Ruang Pengering 	Mampu berfungsi sebagai media pengering yang mendapatkan sumber panas dari pembakaran bahan bakar berupa biomassa didalam tungku.
3	Cerobong Asap 	Sebagai tempat saluran pembuangan asap
4	Fungsi Ruang Pengisapan 	Mampu untuk menyalurkan udara panas dari dalam tungku kedalam ruang pengering.
5	Fungsi pipa Pembakaran 	Pipa pembakaran merupakan ruang udara panas di atas sumber pemanas yang berfungsi untuk menghasilkan udara panas pengeringan

		<p>yang bersih melalui kontak udara bersih pada pipa-pipa yang panas karena didalamnya terdapat aliran udara panas pembakaran yang bercampur asap. Terdapat 5 buah pipa yang disusun secara zig-zag yang memudahkan udara untuk menghantarkan panas pada pipa-pipa tersebut.</p>
6	<p>Fungsi Fan Blower</p> 	<p>sebagai pendorong udara untuk menyebar masuk ke dalam ruang pengeringan. Adanya <i>fan blower</i> dapat membantu sirkulasi udara lebih maksimal di dalam ruang pengering.</p>

Data hasil uji coba diatas menunjukkan bahwa secara umum seluruh bagian dapat berfungsi dengan baik.

3.6.1 Detail drawing

Perancangan tungku biomassa sebagai alat pengering hasil pertanian dilanjutkan dengan detail *drawing*, setelah adanya dimensi part. Detail *drawing* bertujuan sebagai acuan dalam proses pembuatan atau produksi.

3.6.2 Analis Teknis

Analis teknis merupakan perhitungan dan pengolahan data yang diperoleh disesuaikan dengan kebutuhan perancangan. Proses analis teknis yang dilakukan dalam merancang tungku biomassa sebagai alat pengering hasil pertanian antara lain: menghitung energi panas yang dihasilkan oleh tungku, menghitung laju

pembakaran, suhu dan kandungan kadar air yang terdapat dalam jagung dan biomassa.

3.7 Proses Pembuatan komponen dan Perakitan alat

Dalam perencanaan pembuatan komponen Tungku Biomassa ini perlu diperhatikan urutan atau prosedur dari perancangan yang akan dibuat. Adapun prosedurnya sebagai berikut:

3.7.1 Pengadaan Alat dan Bahan

Adapun pengadaan bahan berdasarkan *Bill Of Material* dapat dilihat pada tabel 3.4

Tabel 3. 4 *Bill of Material* (BOM)

<i>SINGLE BILL OF MATERIAL</i>				
<i>Product Name</i>		<i>Tungku Biomassa</i>		
<i>Stock NO.</i>				
<i>Item No.</i>	<i>Description</i>	<i>Quality</i>	<i>Unit</i>	<i>Source</i>
1	Rangka Tungku Bawah	1	Each	Dibuat
2	Rangka Tungku Atas	1	each	dibuat
3	Penutup Tungku	1	Each	Dibuat
8	Tempat Pembuangan Limbah	1	Each	Dibuat
9	Pintu Tungku	1	Each	Dibuat
10	Pipa Pembakaran	5	Each	Dibuat
12	Cerobong Atas	1	Each	Dibuat
11	Ruang Pengisapan Udara	1	Each	Dibuat
6	Rangka Pengering	1	Each	Dibuat
7	Kawat Ram	1	Each	Dibeli
5	Fan Blower	1	Each	Dibeli
4	Thermometer	1	Each	Dibeli

3.7.2 Pemilihan Material

Dalam penentuan material umumnya dapat di pilih dari beberapa aspek:

1. Dalam spesifikasi perencanaan tungku biomassa mesin pengering yang akan direncanakan berdasarkan hasil:

- a. Temperatur output yang dihasilkan maksimal 40 C – 60 C

- b. Bahan bakar : Kayu dan tempurung kelapa


2. Material plat besi umumnya digunakan di beberapa komponen pembuatan desain tungku biomassa, material tungku mesin tahan penghantar panas yang baik, awet dan kuat. Yang dimana sumber dari hasil pembakaran biomassa. Dari aspek pembuatan besi dapat di lihat dari komponen standar yang umumnya dipakai dan biaya komponen terjangkau dan merupakan kebutuhan dari desain.

3. Material besi siku memiliki banyak keunggulan dan kegunaan dalam sehari hari. Untuk besi siku yang dipakai dalam perancangan yaitu siku sama sisi sesuai dengan namanya mempunyai panjang yang sama pada sisinya. Untuk contoh ukuran besi siku sama sisi adalah 20mm x 20mm. Besi ini termasuk material yang ringan dan kuat dan memiliki kekuatan dan ketahanan yang sangat bagus mampu menciptakan kekokohan yang baik dan dapat dijadikan sebagai kerangka atau rancang bangun yang memiliki ketahanan produk yang sangat baik.

4. Tungku kotak (kubus), tungku pembakaran salah satu bagian mesin tempat proses pemanasan hal ini penting penggunaan tungku pembakaran yang

efisien terletak pada pembakaran bahan bakar dengan udara berlebih yang minim, tungku pembakaran beroperasi dengan efisien dibandingkan dengan peralatan pembakaran lainnya, hal ini disebabkan oleh suhu operasi yang tinggi dalam tungku pembakaran. Material tungku pembakaran menggunakan dinding yang terbuat dari plat atau dinding bata tahan api. Ruang refraktori dibangun dari bahan untuk menahan panas pada suhu yang dapat dikontrol dalam area kecil dan cerobong digunakan untuk membuang gas buang pembakaran dari ruangan.

Tabel 3. 5 Proses Pembuatan Komponen

NO	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Bahan dan Alat
1	Rangka Tungku Bawah 	<ul style="list-style-type: none"> • Besi siku dipotong beberapa bagian sesuai ukuran pada desain gambar. • Bahan yang telah dipotong kemudian disambungkan menggunakan las sehingga menjadi rangka. • Kemudian tutup rangka samping menggunakan plat seng. • Didalam rangka tungku kemudian ditambahkan semen, pasir, dan batu bata yang telah tercampur sehingga menjadi dinding tungku. • Pasangkan pintu tungku dan tempat pembuangan limbah. 	<ul style="list-style-type: none"> • Besi siku 4x4 • Plat seng • Batu merah, pasir, dan semen. • Plat besi • Mesin las • Mesin gerinda tangan

2 Rangka Tungku atas



- Besi siku dipotong beberapa bagian sesuai ukuran pada desain gambar.
 - Bahan yang telah dipotong kemudian disambungkan menggunakan las sehingga menjadi rangka.
 - Kemudian tutup rangka samping menggunakan plat besi dengan las
 - Las pipa galvanis sesuai ukuran ke rangka tungku.
 - Pasangkan aluminium foil ke dalam plat besi.
- Besi siku 4x4
 - Plat besi
 - Pipa galvanis
 - Aluminium foil
 - Mesin las
 - Mesin gerinda tangan

3 Penutup Tungku



- Plat besi dipotong beberapa bagian sesuai ukuran pada desain gambar.
 - Bahan yang telah dipotong kemudian disambungkan menggunakan mesin las sehingga menjadi bentuk ada gambar.
- Plat besi
 - Mesin las
 - Mesin gerinda tangan

4 Cerobong Asap



- Pipa galvanis dipotong sesuai ukuran pada desain gambar.
 - Kemudian plat dipotong sesuai ukuran pada desain gambar.
 - Sambungkan pipa galvanis dengan mesin las.
- Pipa galvanis
 - Plat besi
 - Mesin las
 - Mesin gerinda

5 Rangka Pengering

- Besi hollow dipotong beberapa bagian sesuai ukuran pada desain gambar.
- Besi hollow 3x3
 - Kawat ram
 - Plat seng



- Bahan yang telah dipotong disambungkan menggunakan las.
- Pasang kawat ram ke rangka sesuai dengan ukuran desain.
- Mesin gerinda
- Mesin las

- Kemudian tutup samping rangka menggunakan plat seng sesuai dengan desain.
- Lubangi plat seng menjadi lingkaran untuk memasukkan fan blower.

6 Tempat Pembuangan Limbah



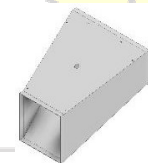
- Potong plat aluminium sesuai ukuran pada desain gambar.
- Pasang gagang pintu dengan sekrup menggunakan bor.
- Plat aluminium
- Mesin bor
- Mesin gerinda

7 Pintu Tungku



- Potong plat besi sesuai ukuran pada gambar.
- Pasang gagang pintu dengan sekrup menggunakan bor.
- Plat besi
- Mesin bor
- Mesin gerinda

8 Ruang Pengisapan Udara



- Besi siku dipotong sesuai ukuran pada gambar.
- Kemudian disambungkan menggunakan las sehingga menjadi rangka.
- Besi siku
- Plat seng
- Mesin bor
- Mesin gerinda

- Tutup rangka dengan plat seng.
- Lubangi atas rangka untuk masukkan thermometer.

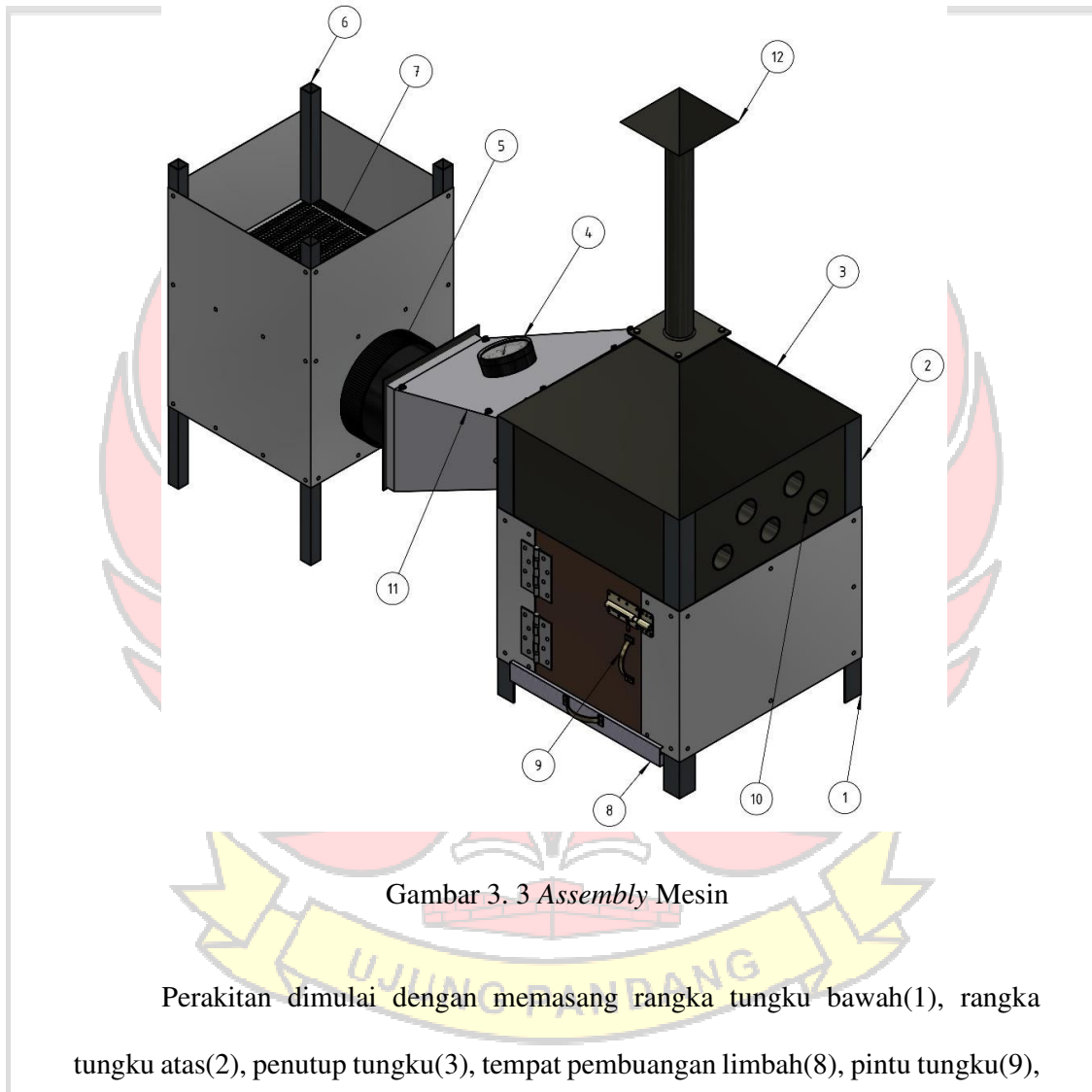
Selain komponen-komponen yang dibuat, pada mesin ini juga terdapat komponen standar seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Komponen Standar

No	Gambar	Nama Komponen	Spesifikasi
1	2	3	4
1		Fan Blower Aksial	<ul style="list-style-type: none"> - Blade Material: Steel - Size: 8 Inch (200 MM) - Voltage: 220-240V - Power: 4 Watt - Speed: 2350 Rpm - Flow: 501 CMH - Pressure: 20 PA - Maximum Hose: 10-15 Meters
2		Thermometer Payung	<ul style="list-style-type: none"> - Model: paying - Material: stainless - Range: 0-100°C - Ukuran Kaca: 4" Inchi - Daft: 1/2" Inchi

3.7.3 Tahap Perakitan

Setelah semua komponen-komponen utama telah selesai dibuat maka selanjutnya tahap perakitan dapat dilihat pada gambar berikut



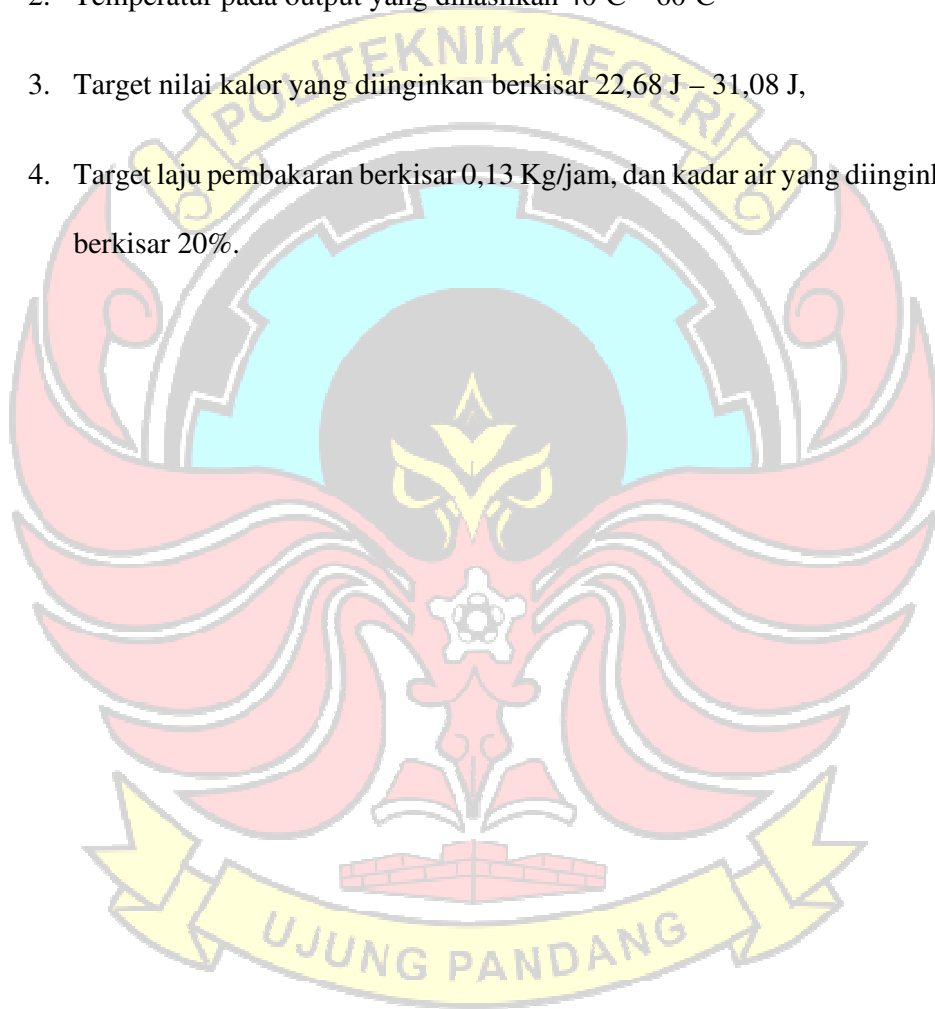
Gambar 3. 3 Assembly Mesin

Perakitan dimulai dengan memasang rangka tungku bawah(1), rangka tungku atas(2), penutup tungku(3), tempat pembuangan limbah(8), pintu tungku(9), pipa pembakaran(10), cerobong atas(12), ruang pengisapan udara(11), rangka pengering(6), kawat ram(7), fan blower(5), thermometer(4).

3.8 Pengujian Alat

Berdasarkan tujuan penelitian maka parameter yang akan diuji adalah:

1. Temperatur pada ruang bakar yang dihasilkan $50^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$
2. Temperatur pada output yang dihasilkan $40^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$
3. Target nilai kalor yang diinginkan berkisar $22,68 \text{ J} - 31,08 \text{ J}$,
4. Target laju pembakaran berkisar $0,13 \text{ Kg/jam}$, dan kadar air yang diinginkan berkisar 20% .



3.9 Diagram Alir

Dalam proses perancangan tungku biomassa ini, diharapkan dapat dilakukan dengan mengikuti alur atau tahapan yang telah direncanakan, adapun alur perancangan dapat dilihat melalui gambar 3.5. dibawah ini:



Gambar 3. 4 Diagram Alir

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Tungku Biomassa

Berdasarkan hasil rancang bangun tungku biomassa, maka diperoleh tungku biomassa sebagai pengering hasil pertanian pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 1 Tungku Biomassa

tabel 4. 1 Spesifikasi Tungku Biomassa

No	Uraian Alat	Spesifikasi
1	2	3
1	Tungku	460 mm x 460 mm x 1330 mm
2	Ruang Pengering	360 mm x 360 mm x 700 mm
3	Ruang Pengisapan Udara	400 mm x 460 mm x 474 mm
4	Rangka terbuat dari besi siku	4 mm x 4 mm
5	Pipa pembakaran terbuat dari Galvanis	Ø5x45
6	Fan Booster	- Blade Material: Steel - Size: 8 Inch (200 mm) - Voltage: 220-240V - Power: 4 Watt - Speed: 2350 Rpm

	- Flow:501CMH
	- Pressure: 20 PA
	- Maximum Hose: 10-15 Meters
7	Plat Besi 1 mm
8	Plat Seng 0.9 mm
9	Lembaran Aluminium 0,8 mm
10	Batu Bata dan Semen 2,5 mm x 2,5 mm
11	Kapasitas bahan bakar yang dapat masuk didalam tungku Pembakara ±3000 gram

4.2 Prinsip kerja

Prinsip kerja rancang bangun tungku biomassa pengering hasil pertanian ini adalah biomassa yang berada pada ruang pembakaran menghasilkan udara panas lalu udara panas itu dialirkan kepada ruang pengering dengan bantuan *fan blower*, Panas yang masuk ke ruang pengering distabilkan dengan adanya saluran sirkulasi pada tungku biomassa.

4.3 Pengolahan data

tabel 4. 2 Hasil pengujian biomassa

No.	Perbandingan Bahan Bakar		Suhu Pipa Pengering	Waktu/ s menit	Massa jagung sebelum dikeringkan	Massa jagung setelah dikeringkan
	Bahan bakar	Massa Bahan bakar				
1	Tempurung Kelapa	1 kg	26	60 menit	1000	707
2	Kayu Randu	1 kg	24	60 menit	1000	657

4.3.1 Perhitungan kadar air yang bahan yang dikeringkan

Untuk menghitung jumlah kadar air bahan dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

a. Tempurung Kelapa

$$KA = \frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100\%$$

$$KA = \frac{1000 - 707}{1000} \times 100\%$$

$$KA = \frac{293}{1000} \times 100\%$$

$$KA = 0,29 \times 100\%$$

$$KA = 29\%$$

Jadi sisa air yang masih terkandung pada jagung yaitu : 29 %

Pada percobaan pertama disimpulkan bahwa terdapat 29% penurunan kadar air yang dihasilkan dari suhu 26°C dalam waktu 60 menit. Massa jagung basah yang dikeringkan 1 kg menggunakan bahan bakar tempurung kelapa dengan sistem mesin pengering jagung menggunakan system rotary dryer (*fan blower*)

b. Kayu Randu

$$KA = \frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100\%$$

$$KA = \frac{1000 - 657}{1000} \times 100\%$$

$$KA = \frac{343}{1000} \times 100\%$$

$$KA = 0,34 \times 100\%$$

$$KA = 34\%$$

Jadi sisa air yang masih terkandung pada jagung yaitu : 34 %

Pada percobaan pertama disimpulkan bahwa terdapat 34% penurunan kadar air yang dihasilkan dari suhu 26°C dalam waktu 60 menit. Massa jagung basah yang dikeringkan 1 kg menggunakan bahan bakar tempurung kelapa dengan sistem mesin pengering jagung menggunakan system rotary dryer (*fan blower*)

4.3.2 Perhitungan kadar air bahan bakar yang diuapkan

Untuk menghitung jumlah kadar air bahan dapat dihitung dengan rumus:

$$H = \frac{m_0 - m_1}{m_1}$$

Dimana:

H = Kadar air (%)

m_0 = Berat awal (g)

m_1 = Berat akhir pengeringan (g)

maka :

- Temperatur Tempurung Kelapa 34°C

$$H = \frac{m_0 - m_1}{m_1}$$

$$H \frac{1000 - 41}{41} \times 100$$

$$H = 2339,0\%$$

b. Temperatur Kayu Randu 35°C

$$H \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100$$
$$H \frac{1000 - 59}{59} \times 100$$

$$H = 1594,9\%$$

Pembahasan:

Pada hasil perhitungan dari pengujian ini temperature bahan bakar tempurung kelapa 34°C nilai kadar air yang diuapkan yaitu 2339,0 %. Dan pada temperatur bahan bakar kayu 35°C nilai kadar air yang diuapkan yaitu 1594,9 %. Karena semakin besar temperatur panas didalam ruang pengering dan semakin kecilnya temperatur panas yang keluar atau dibuang maka semakin besar penyerapan kalor dan dapat menguapkan kadar air pada tempurung kelapa dengan maksimal.

4.3.3 Perhitungan massa pengeringan bahan bakar

$$M = m_0 - m_1$$

Dimana:

m_0 = Massa benda uji sebelum pengeringan (gr)

m_1 = Massa benda uji sesudah pengeringan (gr)

- a. Temperatur Tempurung Kelapa 34°C

$$M = m_0 - m_1$$

$$M = 1000 - 41$$

$$M = 959 \text{ gr}$$

- b. Temperatur Kayu Randu 35°C

$$M = m_0 - m_1$$

$$M = 1000 - 59$$

$$M = 941 \text{ gr}$$

Pembahasan:

Pada hasil perhitungan dari pengujian ini pada bahan bakar yang berbeda-beda, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pengering maka semakin banyak massa bahan bakar pengering yang hilang, pada temperatur tempurung kelapa 34°C massa pengering yang hilang yaitu mencapai 959 gr dan pada temperatur kayu 35°C massa pengering yang hilang yaitu mencapai 941 gr.

4.4 Analisa Data Hasil Perhitungan

Adapun metode Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan persamaan-persamaan/ rumus-rumus berikut

4.4.1 Laju pembakaran

- a. Tempurung kelapa

$$M_{\text{awal tempurung kelapa}} = 1 \text{ kg}$$

$$M_{\text{akhir tempurung kelapa}} = 0,707 \text{ kg}$$

$$t_{\text{pengering}} = 1 \text{ jam}$$

untuk menghitung laju pembakaran tempurung kelapa dengan cara:

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{\text{massa bahan bakar awal} - \text{massa bahan akhir}}{\text{waktu pengering}}$$

$$= \frac{1 - 0,707}{1}$$

$$= \frac{0,293}{1}$$

$$= 0,29 \text{ kg/jam}$$

b. Kayu Randu

$$M_{\text{awal kayu}} = 1 \text{ kg}$$

$$M_{\text{akhir kayu}} = 0,657 \text{ g}$$

$$t_{\text{pengering}} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{\text{massa bahan bakar awal} - \text{massa bahan akhir}}{\text{waktu pengering}}$$

$$= \frac{1 - 0,657}{1}$$

$$= \frac{0,343}{1}$$

$$= 0,34 \text{ kg/jam}$$

4.4.2 Input energi panas

Adalah jumlah energi panas yang digunakan dalam menguapkan air, ini dihitung menggunakan rumus :

a. Tempurung kelapa

$$Q_{in} = \frac{HVF \left(\frac{kJ}{kg} \right) \times Mb (Kg)}{Waktu Operasi (s)}$$

$$Q_{in} = \frac{HVF \left(\frac{kJ}{kg} \right) \times Mb (Kg)}{Waktu Operasi (s)}$$

$$Q_{in} = \frac{170000 \times 0,293}{60}$$

$$Q_{in} = \frac{49,81}{60}$$

$$Q_{in} = 0,83 \text{ kJ}$$

b. Kayu Randu

$$Q_{in} = \frac{HVF \left(\frac{kJ}{kg} \right) \times Mb (Kg)}{Waktu Operasi (s)}$$

$$Q_{in} = \frac{15000 \times 0,343}{60}$$

$$Q_{in} = \frac{5,145}{60}$$

$$Q_{in} = 85,7 \text{ kJ}$$

4.4.3 Perpindahan kalor

Perpindahan kalor dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q = kAt \frac{\Delta T}{L}$$

Dimana ;

Q = perpindahan kalor J

k = Koefisien Konveksi Termal $^w/mk$

A = Luas Perisma Segitiga m^2

t = Waktu s

ΔT = Perubahan Suhu ($T_1 - T_2$)

L = Panjang pada Ruang Pengisapan

Sebelum mencari perpindahan kalor, mengetahui luas selimut pada ruang pengering.

- Luas Perisma Segitiga

$$A = (2 \times \text{luas alas}) + (3 \times \text{luas alas salah satu bidang tegak})$$

$$A = 2 \times (240 \times 450) + (3 \times (\frac{1}{2} \times 375 \times 240))$$

$$A = 216.000 + 135.000$$

$$A = 351.000 \text{ cm}^2$$

- Perubahan suhu (ΔT), apabila T_2 menggunakan biomassa (Tempurung Kelapa)

$55^\circ C$

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

$$70^{\circ}\text{C} = 55^{\circ}\text{C} - T_2$$

$$T_2 = 55^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 29^{\circ}\text{C}$$

$$Q = k\lambda \frac{T_1 - T_2}{L}$$

$$40\text{w/mkx} 3,5\text{m}^2 \times 0,60 \text{ s} \frac{55^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}}{0,5\text{m}}$$

$$40\text{w/mkx} 3,5\text{m}^2 \times 0,60 \text{ s} \frac{26^{\circ}\text{C}}{0,5\text{m}}$$

$$Q = 4.36 \text{ J}$$

Maka perpindahan kalor yang didapat 4.36 J

- Perubahan suhu (ΔT), apabila T2 menggunakan biomassa (Kayu) 53°C

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

$$70^{\circ}\text{C} = 53^{\circ}\text{C} - T_2$$

$$T_2 = 53^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 29^{\circ}\text{C}$$

$$Q = k\lambda \frac{T_1 - T_2}{L}$$

$$40\text{w/mkx} 3,5\text{m}^2 \times 0,60 \text{ s} \frac{53^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}}{0,5\text{m}}$$

$$40\text{w/mkx} 3,5\text{m}^2 \times 0,60 \text{ s} \frac{26^{\circ}\text{C}}{0,5\text{m}}$$

$$Q = 4.36 \text{ J}$$

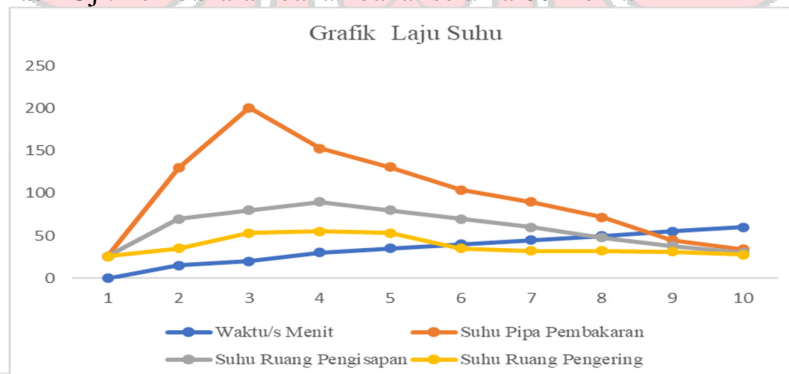
Maka perpindahan kalor yang didapat 4.36 J

4.5 Uji Pembakaran

Tabel 4. 3 Hasil Uji. Pembakaran bahan bakar selama 60 menit

Bahan bakar	Jumlah Bahan Bakar	Waktu/s Menit	Suhu Pipa Pembakaran	Suhu Ruang Pengisapan	Suhu Ruang Pengering
Tempurung Kelapa	1 kg	0	26	26	26
		15	130	70	35
		20	201	80	53
		30	153	90	55
		35	131	80	53
		40	104	70	35
		45	90	60	32
		50	72	48	32
		55	45	38	31
		60	34	30	28

Grafik Hasil Uji. Pembakaran bahan bakar selama 60 menit.



Gambar 4. 2 Grafik laju suhu udara

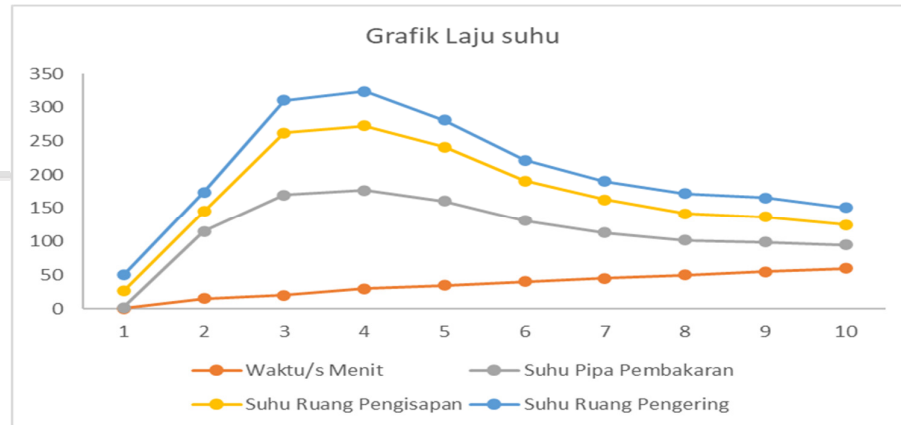
Dari tabel 4.2 Hasil uji – I. Pembakara tungku selama 60 menit, pada menit pertama temperature suhu pipa pembakaran (0,260°C), suhu ruang pengisapan

(0,260°C), suhu ruang pengering (0,260°C), dimenit yang sama pengisian bahan bakar sebanyak 1 kg, puncak tertinggi temperaturnya mencapai 201°C (dalam pipa pembakaran) pada menit ke 20 temperatur. terjadi penurunan temperature dimenit ke 45. pengambilan data terakhirnya pada pengujian – I menggunakan bahan bakar biomassa (tempurung kelapa). Pada menit ke 60, temperature terakhir 34°C (suhu pipa pembakaran), 30°C (suhu ruang pengisapan), 28°C (suhu ruang pengering). Hasil uji – I juga dapat dilihat pada gambar 4.3

tabel 4. 4 Hasil uji II. Pembakaran bahan bakar selama 60 menit

Bahan bakar	Jumlah Bahan Bakar	Waktu/s Menit	Suhu Pipa Pembakaran	Suhu Ruang Pengisapan	Suhu Ruang Pengering
Kayu Randu	1 kg	0	24	24	24
		15	100	30	29
		20	150	92	49
		30	147	96	51
		35	126	80	40
		40	91	60	31
		45	68	50	27
		50	52	40	30
		55	44	38	29
		60	35	30	26

Grafik Hasil Uji. Pembakaran bahan bakar selama 60 menit



Gambar 4. 3 Grafik laju suhu udara

Dari tabel 4.2 Hasil uji – II. Pembakaran tungku selama 60 menit, pada menit pertama temperature suhu pipa pembakaran ($0,240^{\circ}\text{C}$), suhu ruang pengisapan ($0,240^{\circ}\text{C}$), suhu ruang pengering ($0,240^{\circ}\text{C}$), dimenit yang sama pengisian bahan bakar sebanyak 1 kg, puncak tertinggi temperaturnya mencapai 150°C (dalam pipa pembakaran) pada menit ke 20 temperatur dan terjadi penurunan temperature dimenit ke 45. pengambilan data terakhirnya pada pengujian – I menggunakan bahan bakar biomassa (kayu). Pada menit ke 60, temperature terakhir 35°C (suhu pipa pembakaran), 30°C (suhu ruang pengisapan), 26°C (suhu ruang pengering). Hasil uji – II juga dapat dilihat pada gambar 4.4

4.6 Perhitungan Biaya Manufaktur

Biaya manufaktur rancang bangun tungku biomassa pengering hasil pertanian ini adalah sebagai berikut:

4.6.1 Biaya Bahan Langsung

Jumlah biaya bahan untuk pembuatan tungku biomassa pengering hasil pertanian bisa dilihat pada tabel berikut:

tabel 4. 5 Biaya Bahan Langsung

No.	Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	2	3	4	5
1	Aluminium foil	1	60.000	60.000
2	Thermometer payung	1	195.000	195.000
3	Dimmer		28.500	28.500
4	Seng spandek		29.000	29.000
5	Kawat las	1 dus	64.000	64.000
6	Rel laci	2 pcs	19.100	19.100
7	Grendel pintu	1 pasang	6.000	6.000
8	Baut kanal	10	6.000	6.000
9	Grendel	2	3.000	3.000
10	Dempul	1 kg	45.000	45.000
11	Seng licin	5 meter	100.000	100.000
12	Gunting serbaguna	1	25.000	25.000
13	Mata potong gerinda	3	10.000	10.000
14	Pipa galvanis	270 m	120.000	120.000
15	Plat besi 1,5 m x 1,5 m		200.000	200.000
16	Besi siku 4x4	6 meter	245.000	245.000
17	Besi hollow	6 meter	125.000	125.000
18	Semen	3 kg	30.000	30.000
19	Batu merah	18 biji	32400	32400
20	Fan booster 8 inc	1	814.500	814.500
21	Kawat ram 40x40 m		50.000	50.000

22	Pasir	5 kg	30.000	30.000
23	Asbes	4 meter	80.000	80.000
24	Jagung		110.000	110.000
25	Besi beton	6 meter	45.000	45.000
26	Tempurung kelapa	3 kg	15.000	15.000
27	Kayu randu	3 kg	15.000	15.000
Total				2.501.900

4.6.2 Biaya tenaga kerja

Biaya tenaga kerja dihitung berdasarkan Upah Minimum (UMP) Sulawesi Selatan tahun 2023. UMP Sul-Sel tahun 2023 yaitu sebesar Rp 3.385.145 dengan estimasi jam kerja perminggu selama 40 jam sehingga upah tenaga kerja diketahui dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3.385.145}{5 \times 40} \\
 &= \text{Rp. } 16.925
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui upah tenaga adalah Rp. 16.925/ jam. Sedangkan waktu pengerjaan pemotongan, pembentukan, dan pengelasan, permesinan ditentukan berdasarkan estimasi pengerjaan waktu tersebut meliputi waktu persiapan, waktu *setting*, waktu proses dan waktu penyelesaian. Berikut iaya tenaga kerja setiap pengerjaan dapat dilihat pada tabel berikut:

tabel 4. 6 Biaya Tenaga Kerja

No	Jenis Pengerjaan	Waktu Pengerjaan	Upah/Bulan (Rp)	Upah/Jam (Rp)	Upah Pengerjaan(Rp)
1	Pemotongan	6,83			105.967
2	Pengelasan	3,75			58.181
3	Pengeboran	27	3,103,00	15.515	418.905
Total					583.053

4.6.3 Biaya tidak langsung

Biaya tidak langsung merupakan elemen biaya yang tidak dihubungkan secara langsung kepada unit yang diproduksi, tetapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian produksi.

1. Biaya Bahan Tidak Langsung

Tabel 4. 7 Biaya Bahan Tidak Langsung

No.	Nama Mesin	Nama Bahan	Jumlah	Harga Satuan(Rp)	Total (Rp)
1	Las	Elektroda	1 kg	60.000	60.000
		Topeng Las	1 buah	80.000	80.000
		Pau Terak	1 buah	65.000	65.000
		Magnet Penyiku	1 set	55.000	55.000
2	Gerinda	Mata Gerinda Potong	1 pak	70.000	70.000
		Mata Gerinda tebal	1 buah	12.000	12.000
3	Bor	Mata Bor	1 buah	13.000	13.000
		Mata Bor	1 buah	20.000	20.000
		Mata Bor	1 buah	25.000	25.000
Total					400.000

2. Biaya Listrik

Biaya listrik merupakan bagian dari biaya tidak langsung. Adapun perhitungan estimasi pemakaian listrik pada mesin gerinda adalah:

Biaya listrik pada mesin gerinda

Dimana:

Daya mesin = 2,2 kW

TDL/Jam = Rp. 1.035,78

Lama Pengerjaan = 28 Jam

Maka biaya listrik:

Biaya Listrik = (daya x TDL) x Lama waktu pengerjaan

Biaya Listrik = (2.2 x 1,035) x 28

Biaya Listrik = 2.277 x 28

Biaya Listrik = Rp. 63.756

Dari perhitungan di atas dapat diketahui biaya listrik yang dihasilkan selama pemakaian mesin gerinda dalam proses produksi adalah Rp. 63.756. berikut adalah rincian biaya listrik dari pemakaian beberapa mesin dalam proses produksi

tabel 4. 8 Rincian Biaya Listrik

No.	Mesin	Daya (kW)	TDL (Rp)	Lama Pengerjaan(Jam)	Tarif Listrik (Rp)
1	Las	2.2	1.035,78	10 Jam	22.787
2	Gerinda	2.2	1.035,78	12 Jam	27.344
3	Pengeboran	2.2	1.035,78	22 Jam	50.131
4	Uji coba mesin	2.2	1.035,78	24 Jam	54.690
Total					149.822

3. Biaya Penyusutan Mesin

Perhitungan biaya penyusutan mesin dapat dilihat pada Lampiran 6.

Berikut ini merupakan rincian biaya penyusutan mesin pada proses produksi bisa dilihat pada pada tabel berikut:

tabel 4. 9 Hasil penyusutan mesin

No.	Mesin	Harga Mesin (Rp)	Umur Mesin (tahun)	Nilai sisa (Rp)	Waktu Pengerjaan (Jam)	Biaya Penyusutan
1	Gerinda	350.000	2	35.000	9,08	165.000
2	Las	1.500.000	2	150.000	3,75	292.000
3	Bor duduk	1.450.000	2	145.000	23,5	176.200
4	Bor tangan	345.000	2	34.500	3,5	63.000
Total						696.200

Berdasarkan data diatas biaya tidak langsung dapat dilihat pada pada tabel berikut:

tabel 4. 10 Biaya tidak langsung

No.	Biaya Tidak Langsung	Harga (Rp)
1	Biaya bahan tidak langsung	400.000
2	Biaya listrik	149.822
3	Biaya penyusutan mesin	2.282
Total		552.104

Berdasarkan data diatas biaya yang diperoleh dari ranacang bangun tungku biomassa sebagai pengering hasil pertanian dapat diketahui dengan menjumlahkan semua biaya seperti pada pada tabel berikut:

tabel 4. 11 Biaya manufaktur

No.	Biaya Produksi	Harga (Rp)
1	Biaya bahan langsung	2.501.900
2	Biaya tenaga kerja	583.053
3	Biaya bahan tidak langsung	552.104
	Total	3.637.057

Dilihat dari Tabel 4.11 telah diketahui biaya untuk memproduksi satu unit mesin dari tungku biomassa yaitu Rp 3.637.057



BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji coba alat telah menghasilkan rancangan dengan Spesifikasi tungku dengan Panjang 1295mm, lebar 450 mm, tinggi 1320mm, dengan menggunakan fan blower sebagai pendorong udara dan menyebar masuk kedalam ruang pengeringan yang dapat membantu sirkulasi udara lebih maksimal didalam ruang pengering, dan telah dibuat alat ini dengan sukses dengan parameter pengujian yang di capai sesuai target antara lain:

1. Pada pengujian pengaruh variasi bahan bakar terhadap penurunan kadar air didapatkan kondisi optimal untuk pengering biji jagung kapasitas 1 kg. dengan temperatur pengering pada rentang 40°C-60°C, laju aliran udara 3,9 m/s, putaran rpm (fan blower) berada pada waktu pengering 60 menit yaitu 29% untuk biomassa tempurung kelapa dan 34% untuk biomassa kayu.
2. Telah menghasilkan rancangan dengan laju pembakaran untuk biomassa tempurung kelapa 0,29 kg/jam dan biomassa kayu 0,34 kg/jam mencapai lebih dari 0,13 kg/jam dari target parameter pengujian.
3. Kalor yang dihasilkan pada tempurung kelapa dan kayu ialah 4,36 J, disimpulkan telah mencapai target pengujian dan dapat dinyatakan bahwa semakinn rendah kalor jenis zat maka suhu akan cepat naik jika dipanaskan. Jadi, jika suatu zat mempunyai kalor jenis tinggi, maka zat itu lambat naik suhunya jika dipanaskan.

4. Bahan bakar yang digunakan sangat sedikit dalam waktu 1 jam hanya menghabiskan 1 kg tempurung kelapa dan 1 kg kayu dengan temperatur suhu pipa pembakaran tertinggi yang dihasilkan mencapai 201°C, suhu ruang pengisapan tertinggi yang dihasilkan mencapai 90°C dan suhu ruang pengering yang dihasilkan mencapai 55°C.
5. Pada variasi bahan bakar kayu didapatkan hasil terbaik pada massa pengering 343 gram. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar temperatur yang digunakan dalam ruang pengering maka massa yang hilang juga semakin maksimal
6. Dalam proses pengujian semua komponen tungku berfungsi dengan baik.

5.2 Saran

Diharapkan tungku biomassa ini dapat lebih dikembangkan lagi, baik dari segi fungsi maupun aplikasi serta implementasi yang lebih baik dan luas, seperti :

1. Fungsi dari tungku biomassa diharapkan bisa diperluas lagi supaya tidak hanya untuk mengeringkan jagung, tapi bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi lain dalam pengaplikasian tungku bakar.
2. Meningkatkan hasil produksi dari tungku biomassa,
3. Tungku biomassa ini juga diharapkan dapat dikembangkan lagi dan dapat menjadi alternatif bagi industri-industri menengah, terutama industri-industri kecil.

4. Dapat menentukan lagi material yang akan digunakan pada pembuatan tungku sehingga dalam system penghantar panas yang terdapat pada tungku biomassa dapat dilakukan dengan lebih optimal.



DAFTAR PUSTAKA

Abdullah K., et all, 1998. Energi dan Listrik Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Almu, M.A., Syahrul, S., & Padang, Y.A. (2014). Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan Abu Sekam/Padi. *Dinamika Teknik Mesin*.

Atim A., et all, 2015. Analisa Efisiensi Termal Tungku Biomassa Menggunakan Bahan Bakar Kayu Bakar. Jurnal. *University Of Merdeka Malang*. (online) (<http://jurnal.unmer.ac.id>) diakses 12 Juli 2022.

Caesar Luthfi. 2019. Laju Pengering Lapis Menggunakan Inverter. Skripsi. Malang: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Djatkiko, Agoes Tri Wahyoe. 1986. Desain dan Uji Penampilan Tungku Bahan Bakar Arang dengan Pemberian Sekat Udara. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Dwi Pangga., et all, 2021. Analisa nilai kalor dan laju pembakaran briket tongkol jagung sebagai sumber energi alternatif. Jurnal. Universitas Muhammadiyah Mataram. (online) diakses 12 Desember 2022.

Febriyantika. 1998. Studi Kelayakan Kulit Kakao Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Tungku Biomassa. Skripsi. Bogor: Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Fisafarani, Hanani.(2010). Identifikasi Karakteristik Sumber Daya Biomassa Dan Pengembangan Pellet Biomassa di Indonesia. Depok

Jamal, 2009. Karakteristik dan Efektivitas Alat Pengering Gabah dengan Memanfaatkan Bahan bakar Biomassa Berupa Sekam Padi. Jurnal. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Johanes Michael. 2022. Studi Analisis Kekuatan Mekanis Besi Hollow Baja Ringan C-4130. Skripsi. Gowa: Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin.

Noble, P., & Andrizal., 2003, Teknologi Pengolahan Padi, Dirjen Bina Pengolahan dan Pemasaran hasil Pertanian Departemen Pertanian, Jakarta.

Radjak Pakaya., et all, 2021. Konstruksi Tungku Pengering Gabah Aternatif Berbahan Bakar Biomassa. Jurnal. Teknologi Pertanian Gorontalo. (*online*) diakses 12 Desember 2022.

Rindani, Kevin Ananda. 2021. Rancang Bangun Prototipe Tungku Biomassa Berbahan Bakar Limbah Kayu Sebagai Sumber Penghasil Udara Pengering Lada Skala Laboratorium. Skripsi. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. (*online*) (<http://repository.polman-babel.ac.id/eprint/359/1/>) diakses 1 Juli 2022.

Riseanggara, Rayadeyaka Raditya. 2008. Optimasi Kadar Perekat Pada Briket Biomassa. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Robith. 2004. Regional Wood Energi Development Program – RWEDP-FAO

Sidik Jati., et all, 2021. Analisis Pengaruh Variasi Bahan Bakar Biomassa dan Pola Tiupan Udara Terhadap efisiensi Kompor Gasifikasi Tipe Updraft. Jurnal. Universitas Telkom (*online*) diakses 12 Desember 2022

Surtikasari. 1995. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor

Utvi. 2017. Laporan Praktikum Teknik pengolahan Hasil Pertanian Penurunan Kadar Air Pada Tepung. Jember: Jurusan Teknologi Pertanian, politeknik Negeri Jember.

Wikipedia (2021). (*online*), (www.tungku.or.id) diakses pada 24 Juni 2022.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Pembuatan dan Perakitan



Proses pemotongan siku



Proses pemasangan pipa galvanis



Proses pembuatan dinding tungku



Proses pembuatan cerobong atas dan penutup tungku



Hasil perakitan ruang pembakaran



Hasil perakitan ruang pengisapan

Lampiran 2. Proses Pengambilan Data



Menghitung Massa Biomassa awal



Massa jagung awal



Massa jagung akhir



Proses memasukkan biomassa
Kedalam tungku



Proses memasukkan jagung
Kedalam tungku



Suhu ruang pengering



Suhu ruang pipa pembakaran



Suhu ruang pengisapan



Proses pembakaran tungku
dan mengeringkan jagung

Lampiran 3. Gambar Tungku



Lampiran 4. Nilai Kalor Biomassa

Sumber: Ibrahim M, (2016)

JENIS BIOMASSA	PRODUKSI SPESIFIK (ton/ha/tahun)	NILAI KALOR (MJ/kg)	POTENSI ENERGI (MJ/ha/tahun)
Sekam padi	1,0	1.195	11.800
Tongkol jagung	1,2	15,1	17.300
Kulit kacang tanah	0,6	15,8	9.300
Limbah kedelai	1,8	13,4	24.200
Batang dan sisa akar ubi kayu	5,4	8,0	43.200
Bagas tebu	24,1	12,0	288.800
Tempurung kelapa	0,6	170	9.600
Sabut kelapa	1,1	12,0	12.700
Tandan kosong sawit	4,0	8,3	32.800
Serat buah sawit	2,0	9,7	19.200
Cangkang buah sawit	0,4	16,3	6.500
Cabang dan ranting pohon karet	14,5	13,8	200.000
Batang atas pohon karet	1,4	13,8	19.300
Batang bawah pohon karet	3,1	13,8	42.800
Kulit buah kopi	0,6	8,6	5.600
Kayu pohon kopi	2,8	11,3	31.500
Kayu pohon coklat	1,3	11,3	14.900

Sumber: M. Roil bilad, (2010)

No.	Bahan bakar	Kalor bakar (Mj/kg)	Harga (Rp/Kg)	Harga (Rp/Mj)
1	Minyak tanah (subsidi)	46,2	3.750	81,2
2	Minyak tanah (non-subsidi)	46,2	9.375	202,9
3	LPG	54,0	8.500	157,4
4	Batubara (50% antrasite)	21,0	1.700	80,95
5	Kayu	15,0	400	26,7
6	Metanol	22,7	5100	224,7
7	Bioetanol	29,7	8250	277,8
8	Tongkol jagung	13,6	350	25,7
9	Sabut/batok kelapa	18,2	1000	54,9

Lampiran 5. Faktor Keamanan

Sumber: Dobrovolsky. 1978. *Machine Element*. Moscow: Peace Publisher.

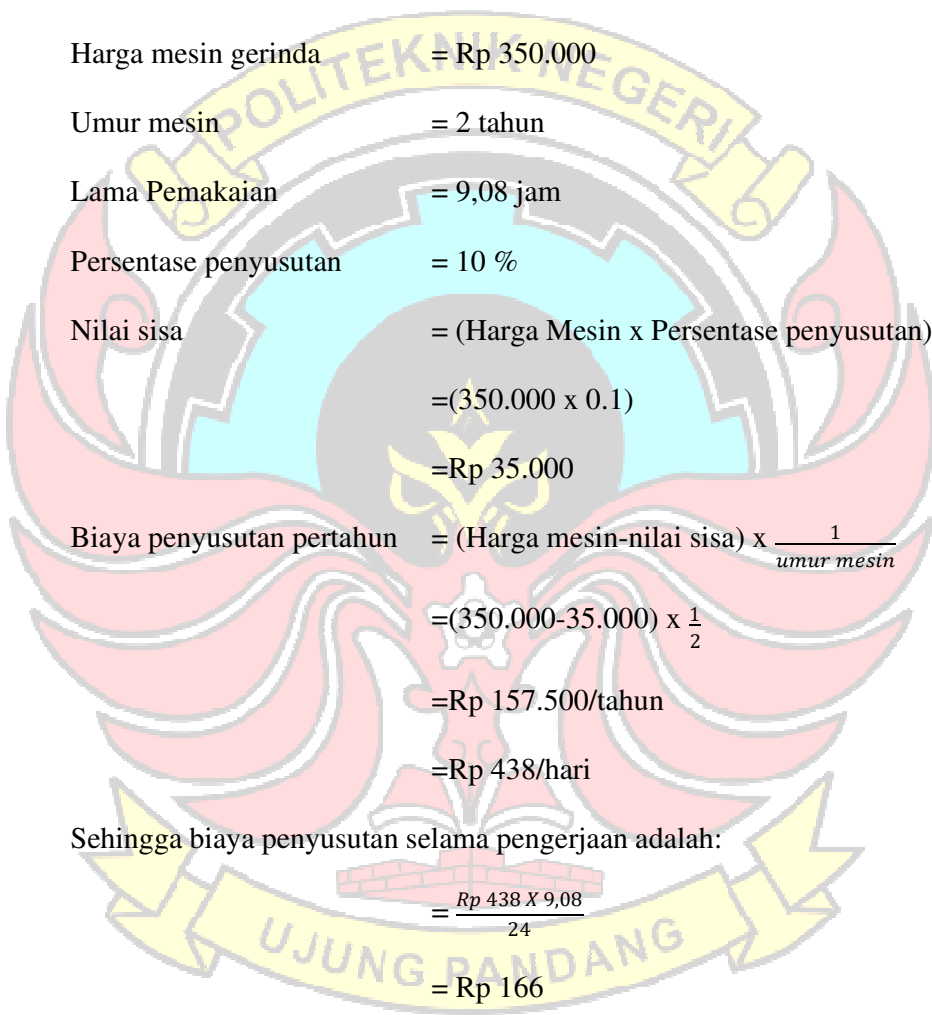
Jenis Beban	Faktor Keamanan
Statis	1,25 – 2
Dinamis	2 – 3
Kejut	3 – 5



Lampiran 6. Penyusutan Biaya Mesin

1. Penyusutan Mesin Gerinda

Penyusutan mesin dapat diketahui dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

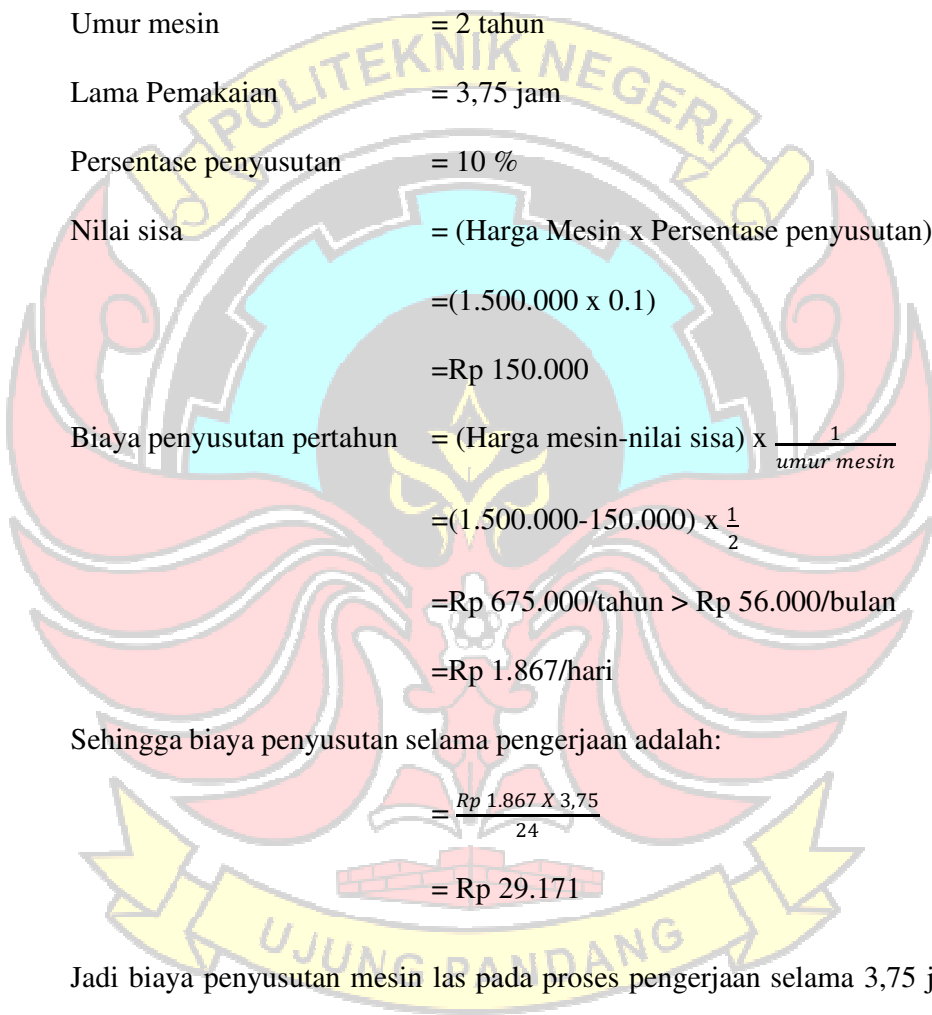

$$\begin{aligned} \text{Harga mesin gerinda} &= \text{Rp } 350.000 \\ \text{Umur mesin} &= 2 \text{ tahun} \\ \text{Lama Pemakaian} &= 9,08 \text{ jam} \\ \text{Persentase penyusutan} &= 10 \% \\ \text{Nilai sisa} &= (\text{Harga Mesin} \times \text{Persentase penyusutan}) \\ &= (350.000 \times 0.1) \\ &= \text{Rp } 35.000 \\ \text{Biaya penyusutan pertahun} &= (\text{Harga mesin-nilai sisa}) \times \frac{1}{\text{umur mesin}} \\ &= (350.000 - 35.000) \times \frac{1}{2} \\ &= \text{Rp } 157.500/\text{tahun} \\ &= \text{Rp } 438/\text{hari} \\ \text{Sehingga biaya penyusutan selama pengerjaan adalah:} \\ &= \frac{\text{Rp } 438 \times 9,08}{24} \\ &= \text{Rp } 166 \end{aligned}$$

Jadi biaya penyusutan mesin gerinda pada proses pengerjaan selama 9,08

jam adalah Rp 166,-.

2. Penyusutan Mesin Las

Penyusutan mesin dapat diketahui dengan menggunakan persamaan seperti berikut:


$$\begin{aligned} \text{Harga mesin las} &= \text{Rp } 1.500.000 \\ \text{Umur mesin} &= 2 \text{ tahun} \\ \text{Lama Pemakaian} &= 3,75 \text{ jam} \\ \text{Persentase penyusutan} &= 10 \% \\ \text{Nilai sisa} &= (\text{Harga Mesin} \times \text{Persentase penyusutan}) \\ &= (1.500.000 \times 0.1) \\ &= \text{Rp } 150.000 \\ \text{Biaya penyusutan pertahun} &= (\text{Harga mesin-nilai sisa}) \times \frac{1}{\text{umur mesin}} \\ &= (1.500.000 - 150.000) \times \frac{1}{2} \\ &= \text{Rp } 675.000/\text{tahun} > \text{Rp } 56.000/\text{bulan} \\ &= \text{Rp } 1.867/\text{hari} \\ \text{Sehingga biaya penyusutan selama pengerjaan adalah:} \\ &= \frac{\text{Rp } 1.867 \times 3,75}{24} \\ &= \text{Rp } 29.171 \end{aligned}$$

Jadi biaya penyusutan mesin las pada proses pengerjaan selama 3,75 jam adalah Rp 29.171,-.

3. Penyusutan Mesin Bor Duduk

Penyusutan mesin dapat diketahui dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

Harga mesin bor = Rp 1.450.000

Umur mesin = 2 tahun

Lama Pemakaian = 23,5 jam

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (Harga Mesin x Persentase penyusutan)

$$=(1.450.000 \times 0.1)$$

$$=Rp 145.000$$

Biaya penyusutan pertahun = (Harga mesin-nilai sisa) x $\frac{1}{umur\ mesin}$

$$=(1.450.000-145.000) \times \frac{1}{2}$$

$$=Rp 652.500/tahun > Rp 54.000/bulan$$

$$=Rp 1.800/hari$$

Sehingga biaya penyusutan selama pengerjaan adalah:

$$= \frac{Rp 1800 \times 23,5}{24}$$

$$= Rp 1.763$$

Jadi biaya penyusutan mesin bor duduk pada proses pengerjaan selama 23,5 jam adalah Rp 1.763,-.

4. Penyusutan Mesin Bor Tangan

Penyusutan mesin dapat diketahui dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

Harga mesin bor = Rp 345.000

Umur mesin = 2 tahun

Lama Pemakaian = 3,5 jam

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (Harga Mesin x Persentase penyusutan)

$$=(345.000 \times 0.1)$$

$$=Rp 34.500$$

Biaya penyusutan pertahun = (Harga mesin-nilai sisa) x $\frac{1}{umur\ mesin}$

$$=(345.000-34.500) \times \frac{1}{2}$$

$$=Rp 155.250/tahun < Rp 13000/bulan$$

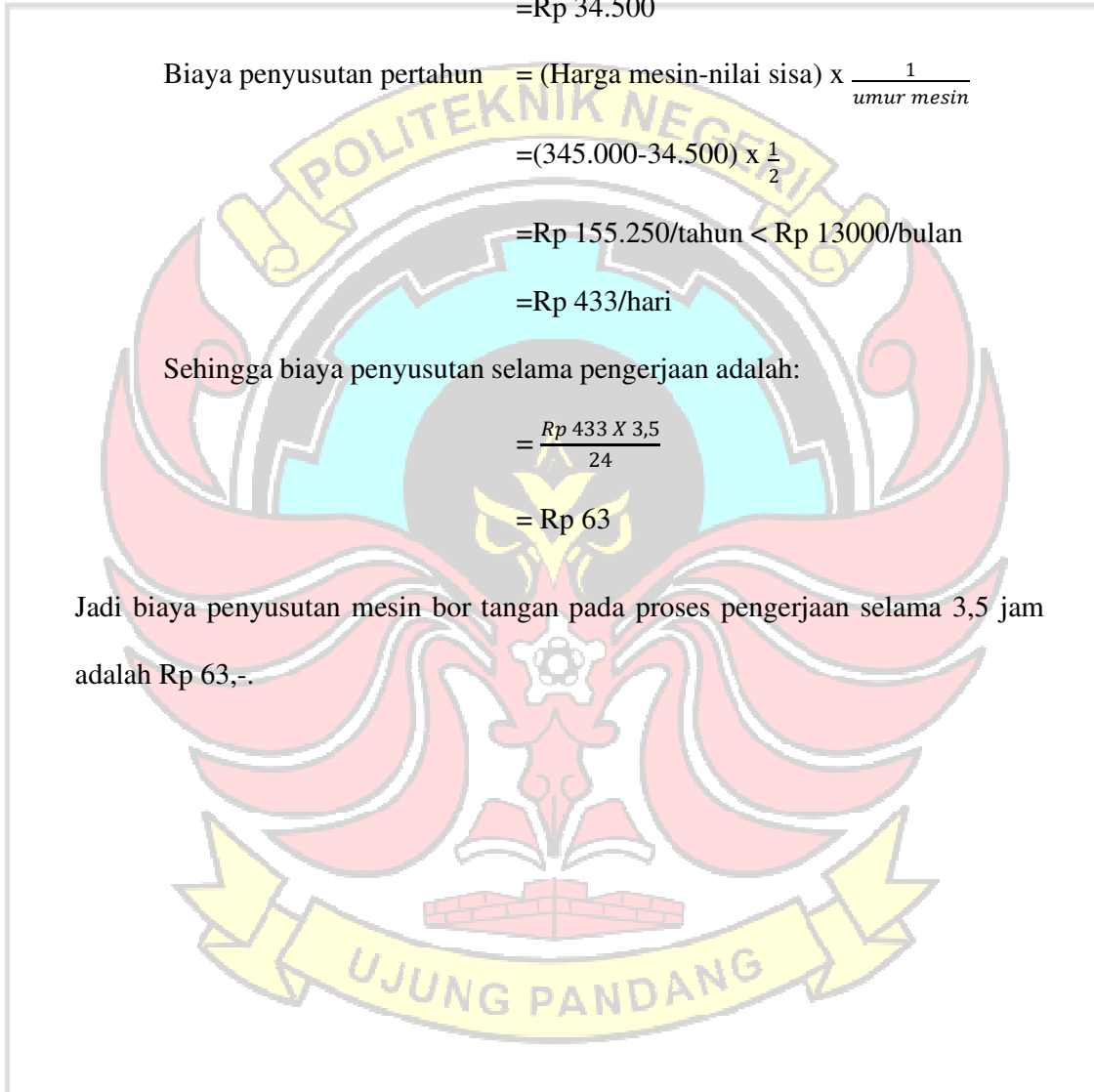
$$=Rp 433/hari$$

Sehingga biaya penyusutan selama pengerjaan adalah:

$$= \frac{Rp 433 \times 3,5}{24}$$

$$= Rp 63$$

Jadi biaya penyusutan mesin bor tangan pada proses pengerjaan selama 3,5 jam adalah Rp 63,-.



Lampiran 7. Perawatan Mesin

Perawatan mesin dilakukan dengan mempertahankan atau mengembalikan sesuatu pada kondisi yang dapat diterima. Pelumasan dan pembersihan suatu mesin adalah suatu tindakan perawatan yang paling dasar yang harus dilakukan sebelum dan sesudah menggunakan mesin karena hal tersebut dapat mencegah terjadinya keausan dan korosi yang merupakan faktor utama penyebab kerusakan elemen-elemen mesin. Berikut adalah tabel perawatan harian, mingguan dan bulanan yang dilakukan pada Tungku Biomassa untuk mesin pengering hasil pertanian.

Tabel Perawatan Mesin harian pada Tungku biomassa

No.	Komponen	Kriteria	Metode	Alat	Waktu	Interval
1	Cover Tungku	Bersih dari debu dan oli	Dibersihkan	majun	1'	Setiap hari sesudah selesai bekerja
2	Fan blower	Bersih dari Debu	Dibersihkan	Kuas	1'	Setiap hari sesudah selesai bekerja
3	Tempat penampung bahan bakar	Bersih dari Debu	Dibersihkan	Majun	50.131,00	Setiap hari sebelum dan sesudah digunakan

Tabel Perawatan Mesin mingguan pada Tungku biomassa

No.	Komponen	Kriteria	Metode	Alat	Waktu	Interval
1	Ruang bahan bakar	Bersih dari debu dan sisa bahan bakar	Dibersihkan	Majun dan kuas	3'	Setiap seminggu sekali sesudah selesai bekerja

2	Fan Blower	Bersih dari Debu	Dibersihkan	Majun dan Kuas	3'	Setiap minggu sekali sesudah selesai bekerja
---	------------	------------------	-------------	----------------	----	--

Tabel Perawatan Mesin bulanan pada Tungku biomassa

No.	Komponen	Kriteria	Metode	Alat	Waktu	Interval
1	Fan Blower	Terlumasi/Oli	Dilumasi	kuas	2'	1 bulan sekali
2	Penampung sisa bahan bakar	Terlumasi/Oli	Dilumasi	Kuas	2'	1 bulan sekali



Lampiran 8. Gambar Kerja

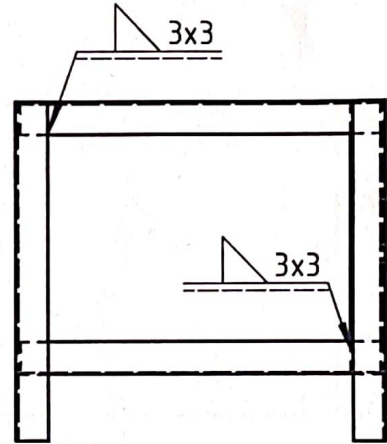
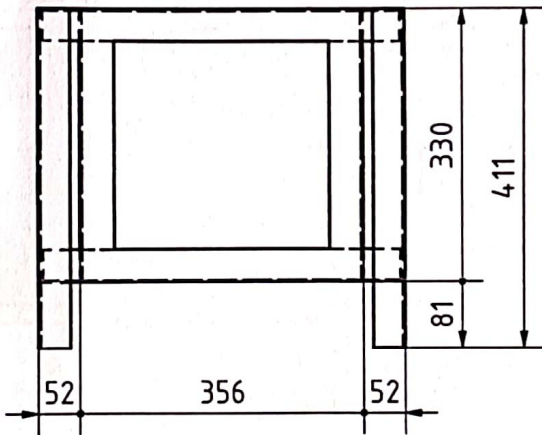
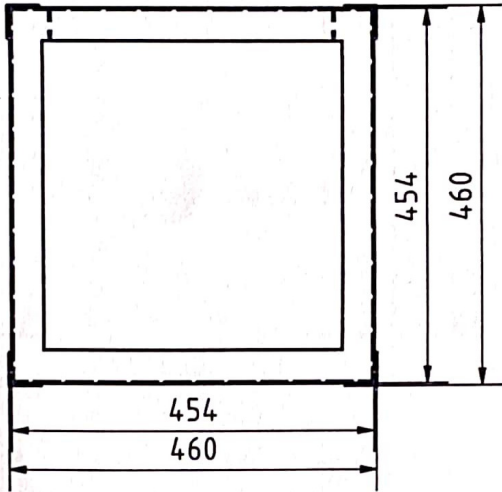
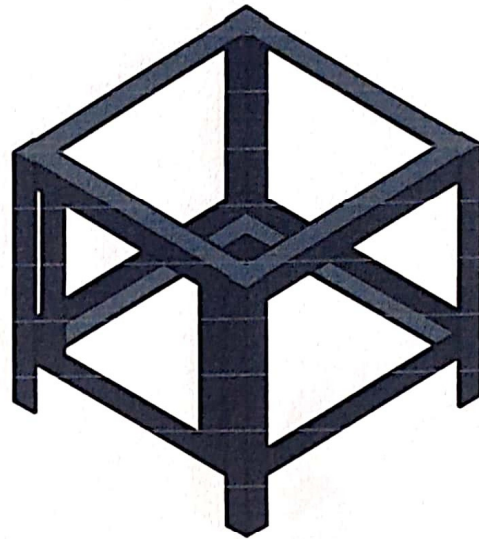
Tabel Toleransi Umum

Sumber: <https://www.sekolahkami.com/toleransi-gambar-teknik/>

Ukuran Nominal (mm)		>0,5- 3	>3-6	>6- 30	>30- 120	>120- 315	>315- 1000	>1000- 2000
Penyimpangan yang Diizinkan	Teliti	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
	Sedang	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$
	Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3

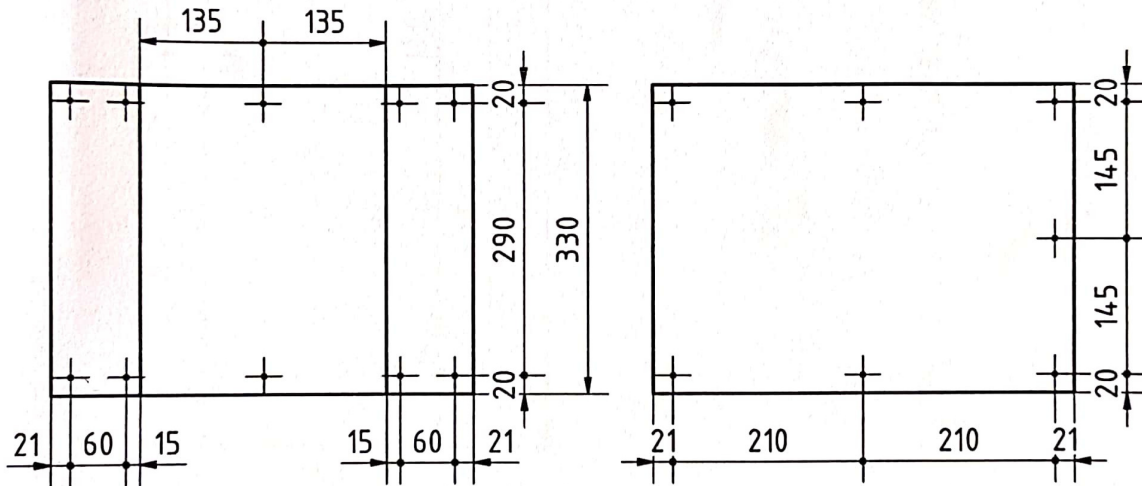
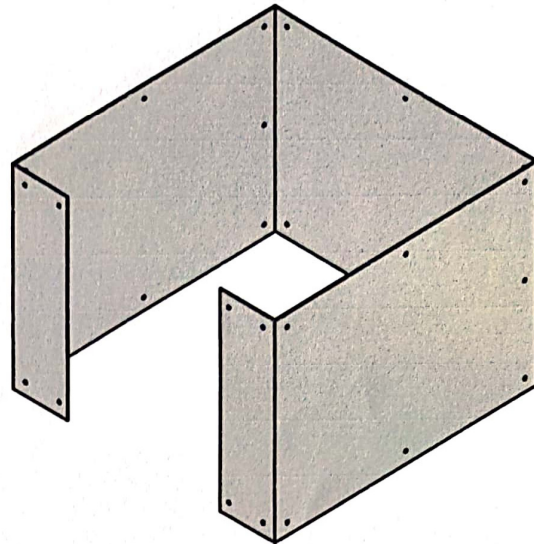
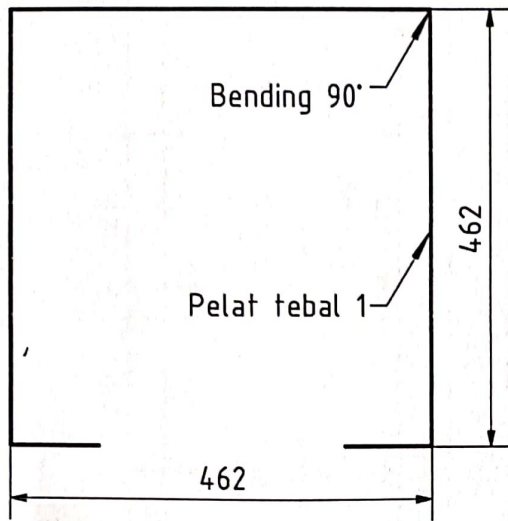


Tol: kasar



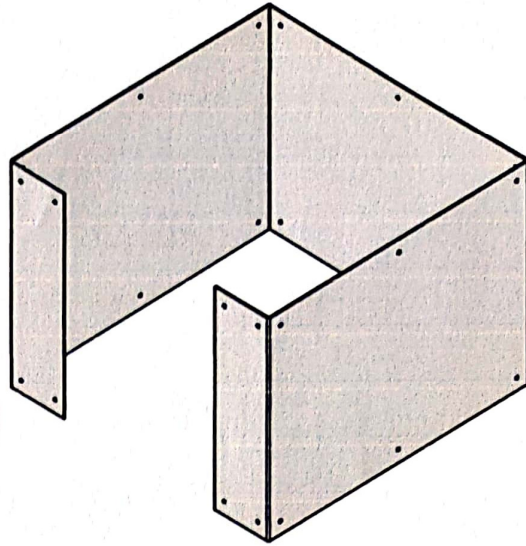
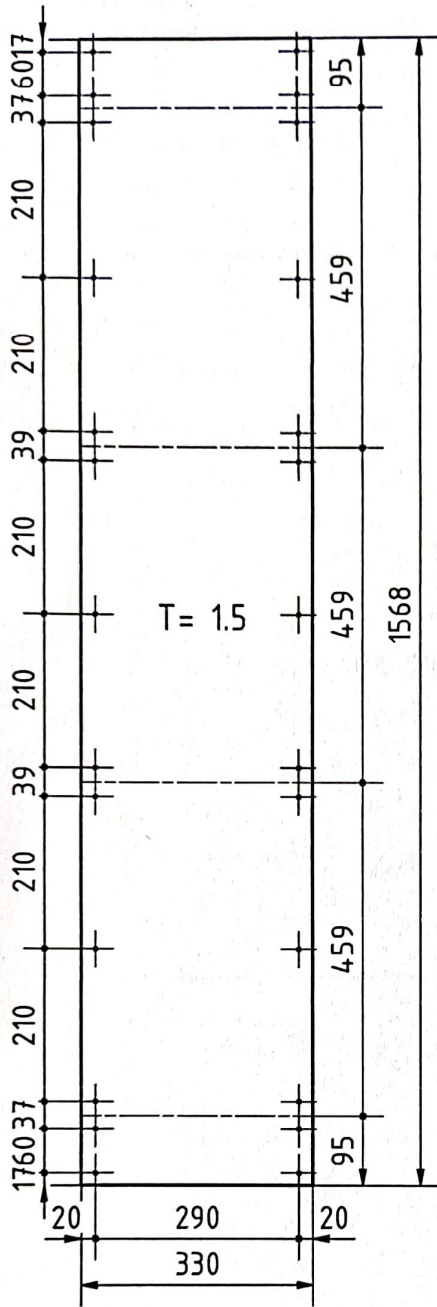
1	Sub. ruang pembakaran	1	Besi siku	460x460x411	Welding SMAW
Jumlah	Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	Perubahan :				
	Gambar rangka		Skala 1 : 10	Digambar Diperiksa	MHA MBN
	Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: sedang



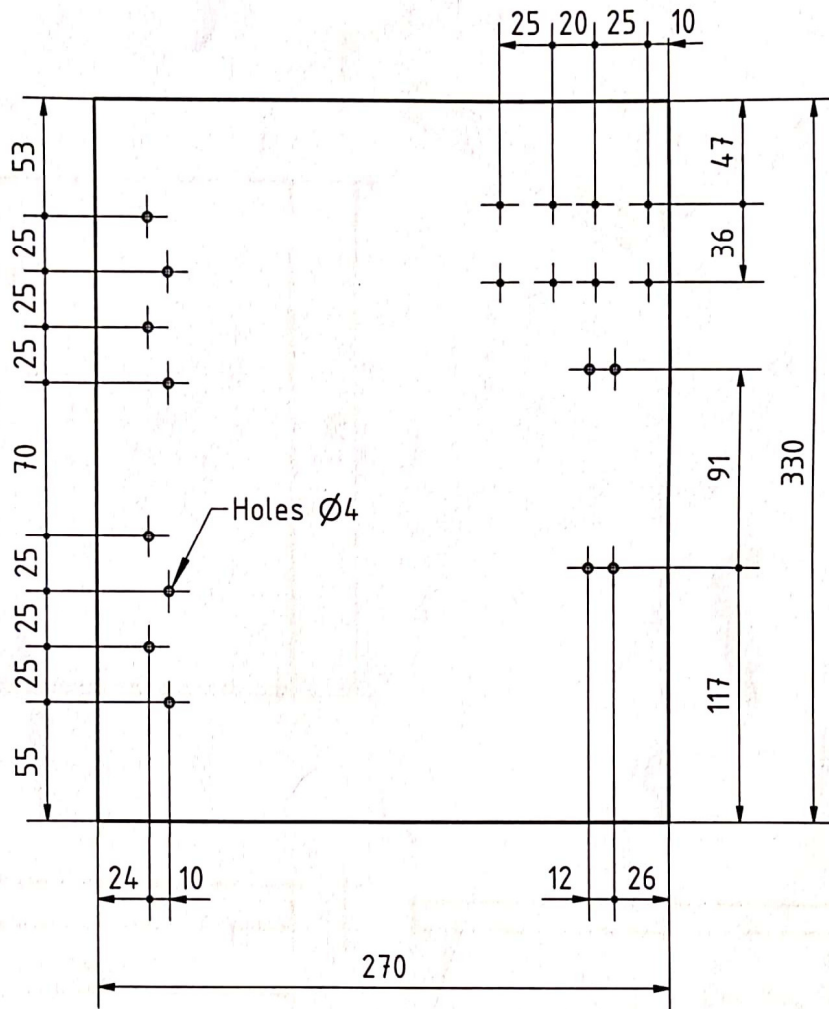
1	Cover ruang bakar	2	Pelat galvanis	426x426x330	Bending
Jumlah	Nama bagian	No. bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	Perubahan :				
	Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA Diperiksa MBN
	Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

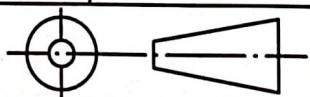
Tol: sedang



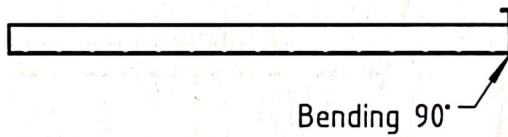
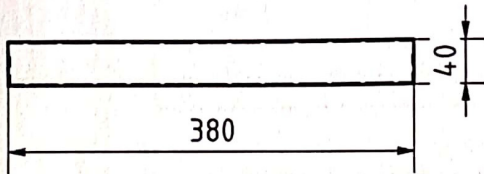
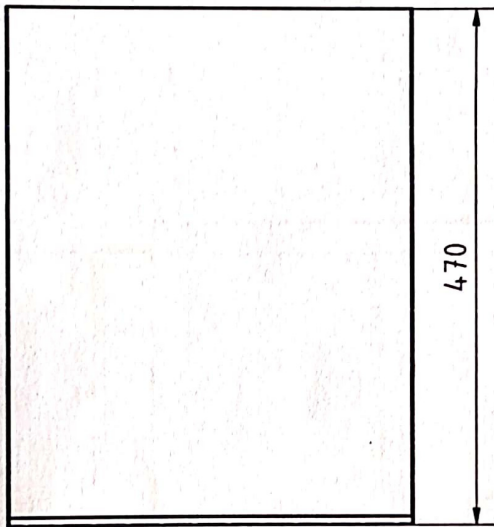
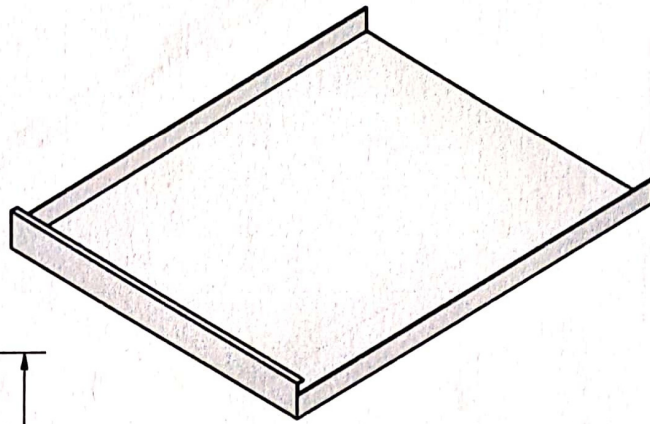
	1	Cover ruang pembakaran	2	Pelat Galvanis	1568x330x1.5	Bending
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	Perubahan :				
		Gambar rangka			Skala 1 : 10	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			4.4321204 TIM : 4.4321205 4.4321208	

Tol: kasar



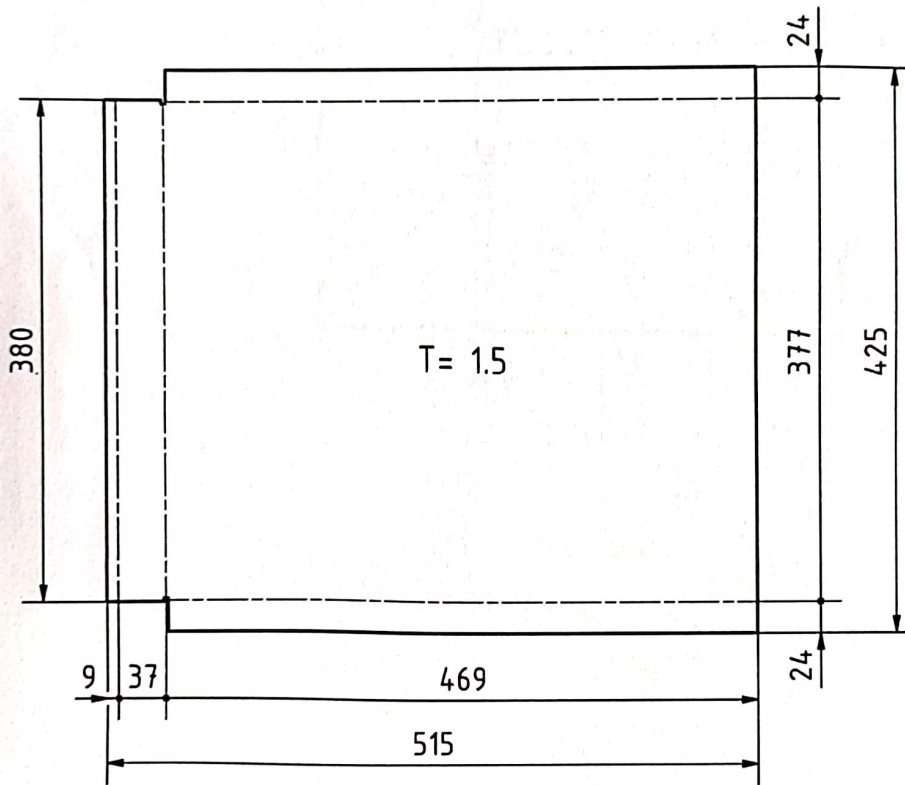
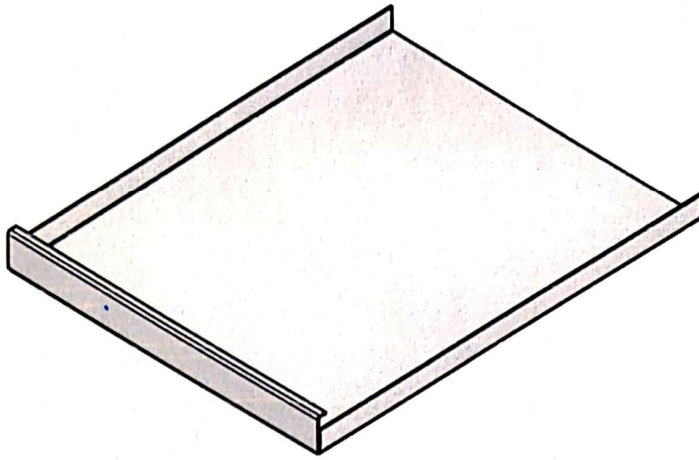
	1	Pintu ruang bakar	3	Pelat galvanis	270x330x2	Cutting & Drilling
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	/	Perubahan :			
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			TIM : 44321205 44321208	

Tol: sedang



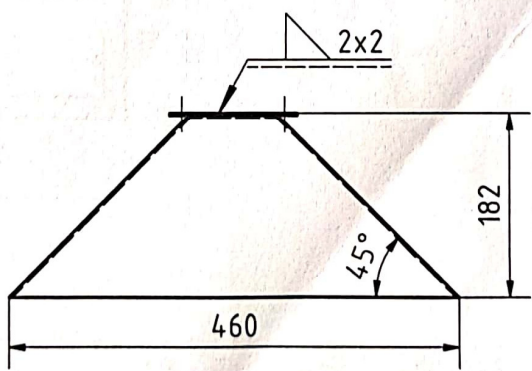
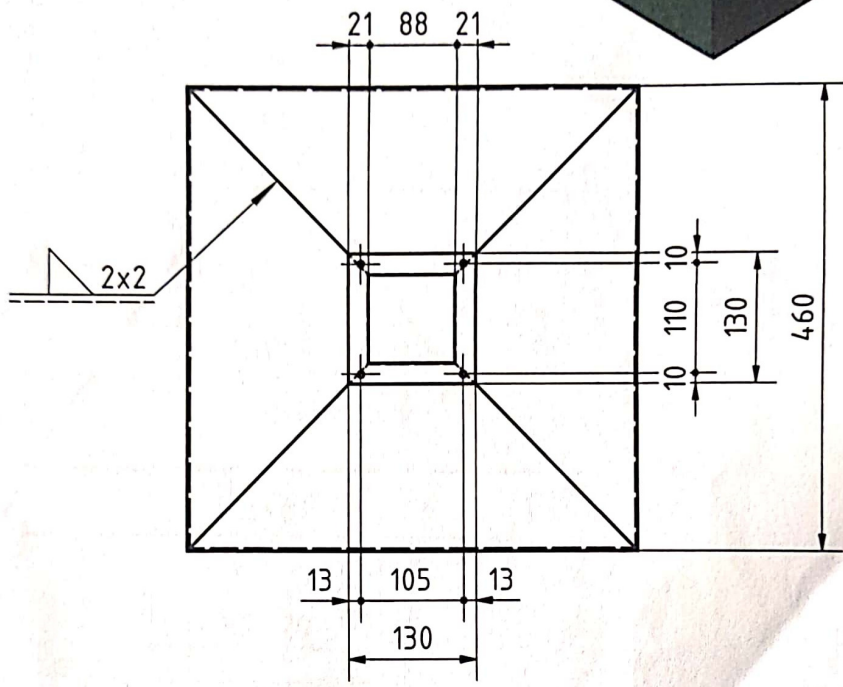
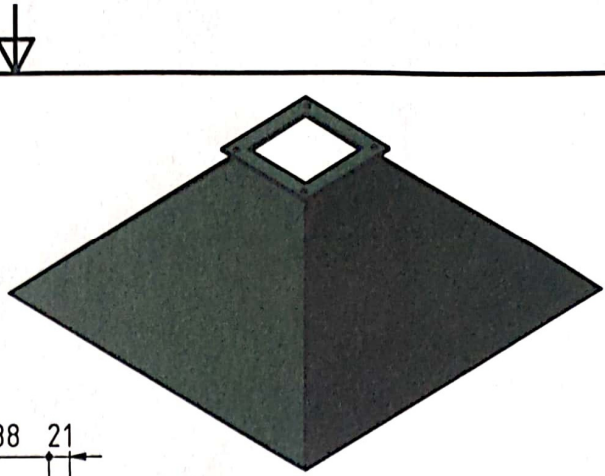
	1	Tempat pembuangan limbah	4	Pelat galvanis	340x470x40	Bending
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	/	Perubahan :			
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: sedang



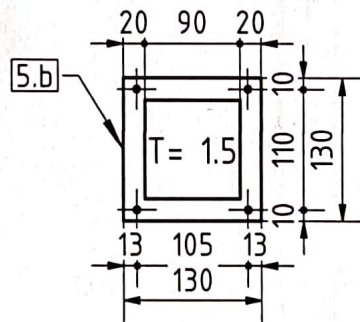
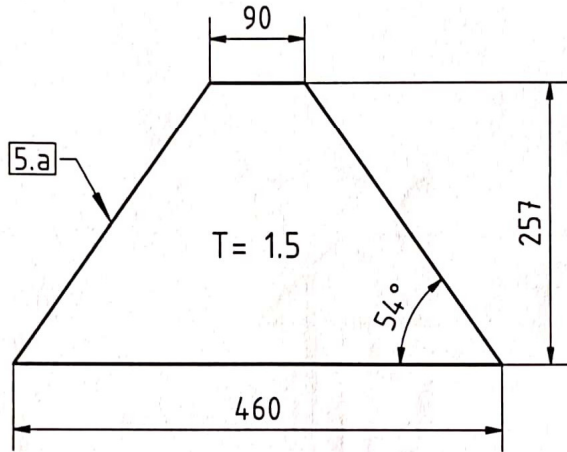
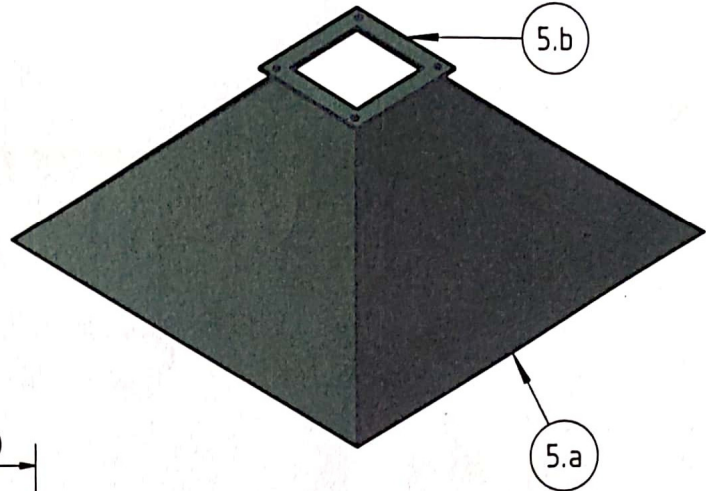
	1	Tempat pembuangan limbah	4	Pelat Galvanis	515x425x1.5	Bending
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	Perubahan :				
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: kasar



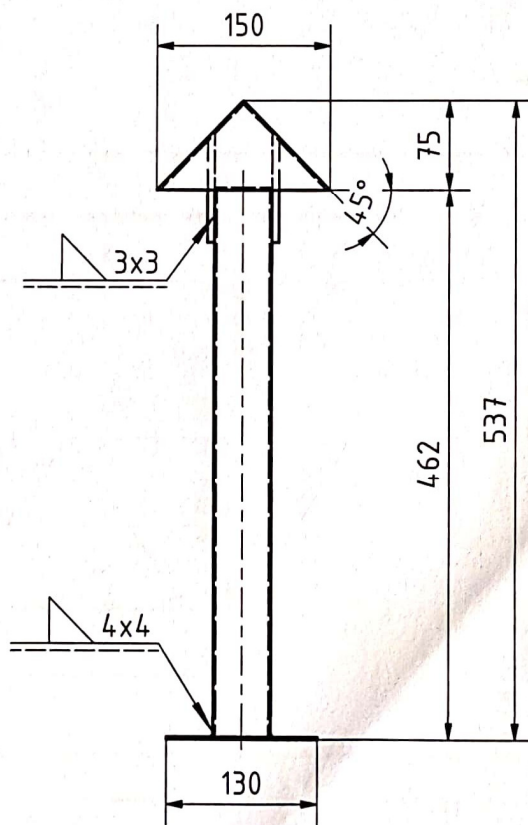
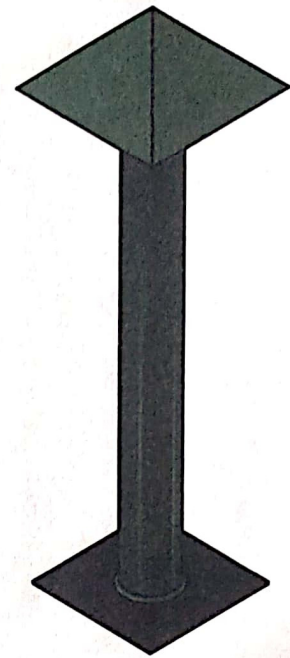
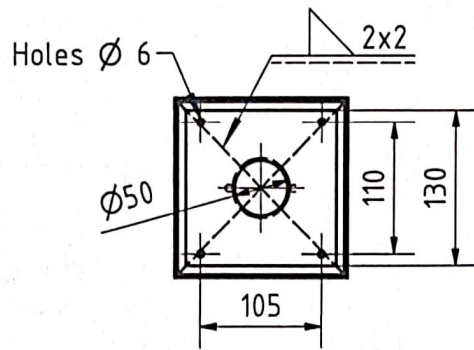
1	Cerong bawah	5	Pelat besi	460x460x182	Welding SMAW
Jumlah	Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	/	Perubahan :		
	Gambar rangka		Skala 1 : 5	Digambar MHA	
	Politeknik Negeri Ujung Pandang		TIM : 44321205	Diperiksa MBN	
				44321204	
				44321208	

Tol: kasar



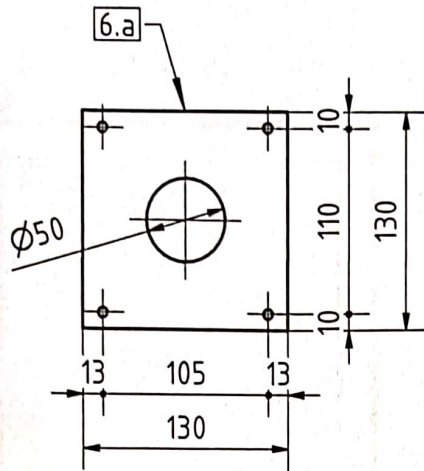
	1	Pelat atas	5.b	Pelat besi	460x257x1.5	Cutting
	4	Pelat samping	5.a	Pelat besi	130x130x1.5	Cutting
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	Perubahan :				
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: kasar

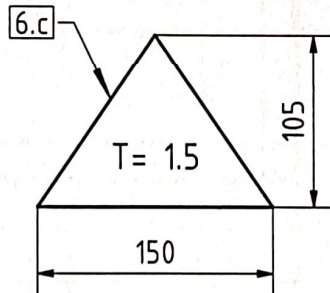
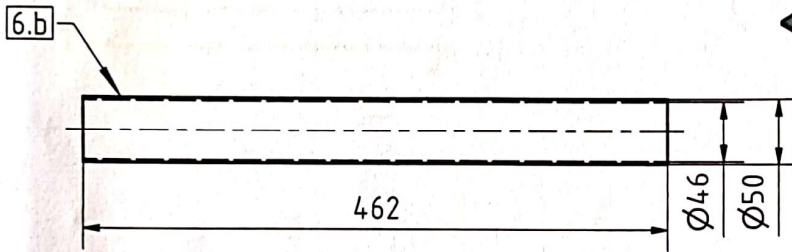
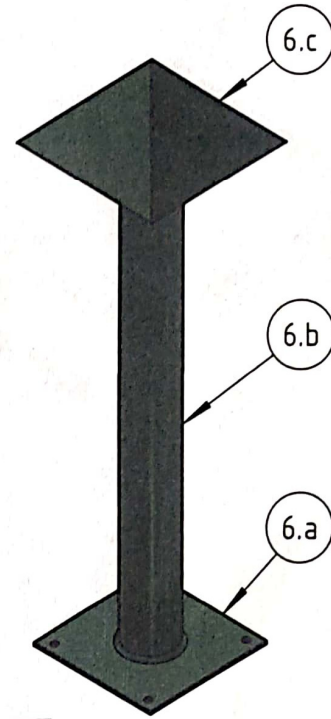


	1	Cerobong atas	6	Galvanis	Ø5x15x47	Welding SMAW
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	/	Perubahan :			
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			Diperiksa MBN	
					44321204	
					TIM : 44321205	
					44321208	

Tol: kasar

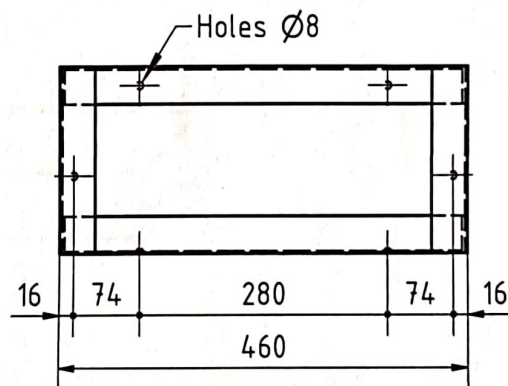
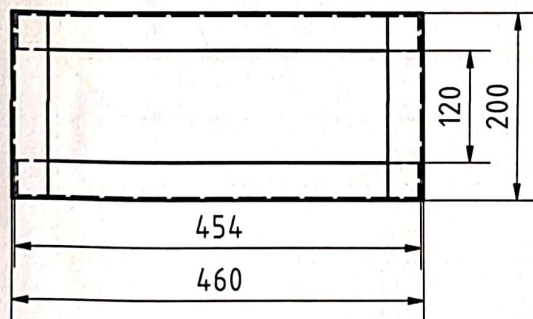
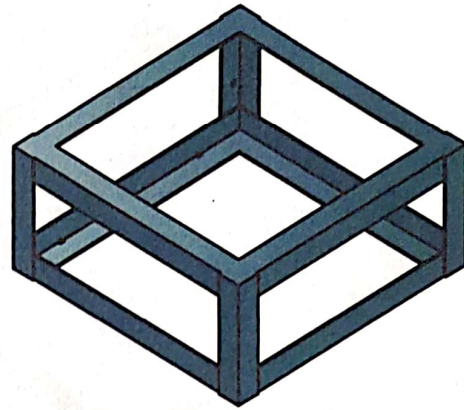
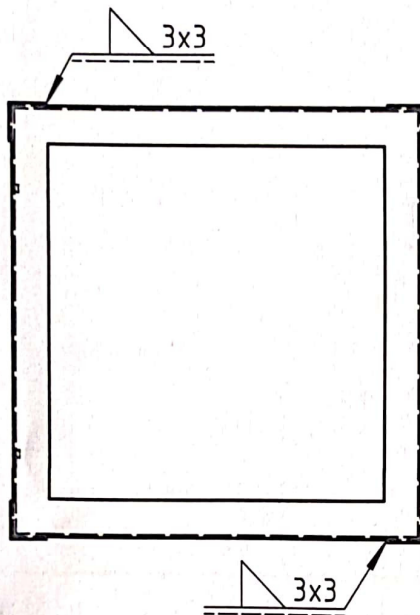


T = 1.5



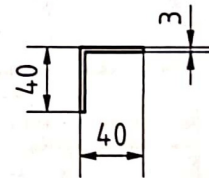
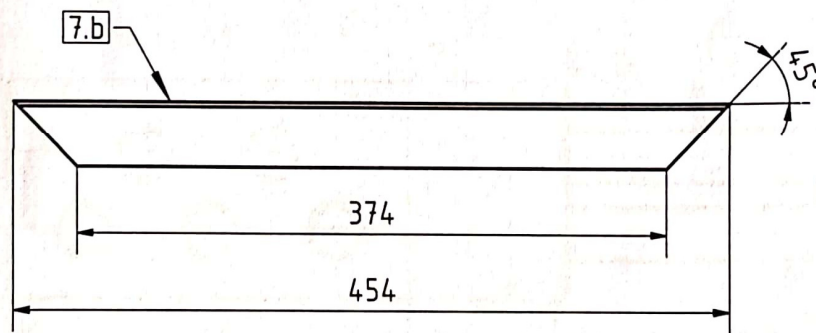
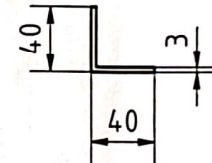
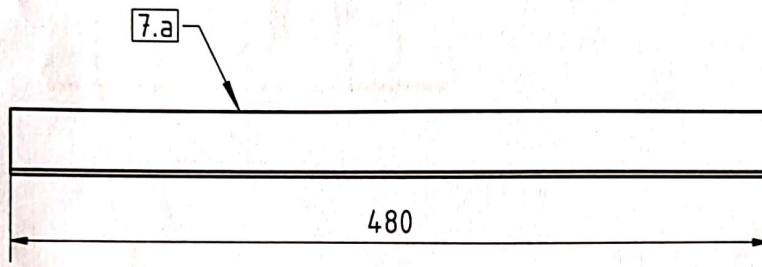
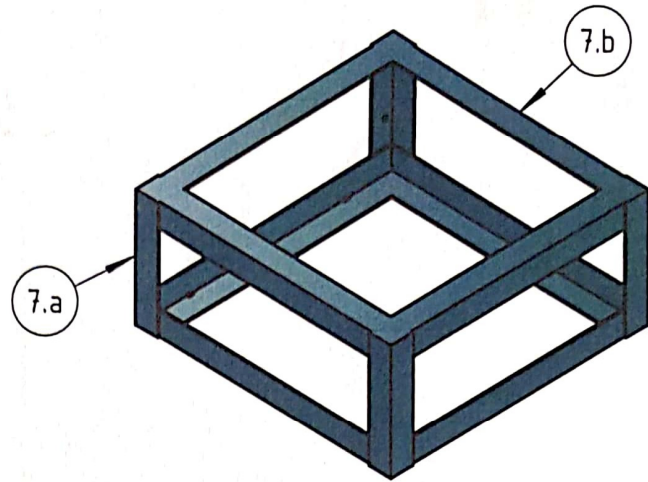
	4	Pelat atas	6.c	Pelat besi	150x150x1.5	Cutting
	1	Pipa cerobong	6.b	Pipa besi	462xØ50	Cutting
	1	Pelat bawah	6.a	Pelat besi	130x130x1.5	Cutting
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///		Perubahan :				
		Gambar rangka		Skala 1 : 5	Digambar MHA	<i>[Signature]</i>
		Politeknik Negeri Ujung Pandang		TIM :	Diperiksa MBN	<i>[Signature]</i>
					44321204	
					44321205	
					44321208	

Tol: kasar



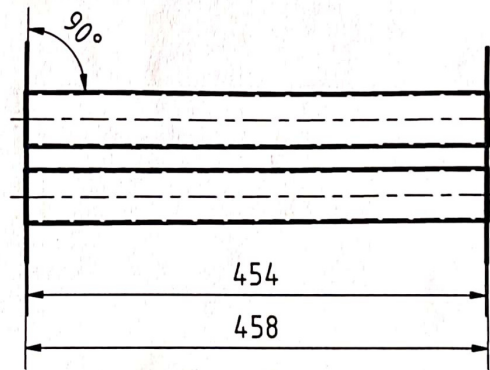
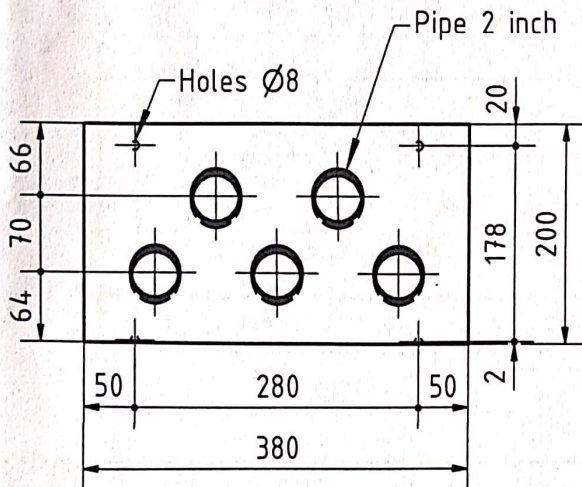
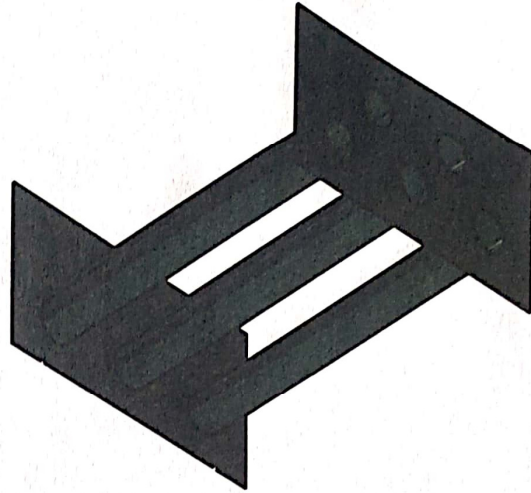
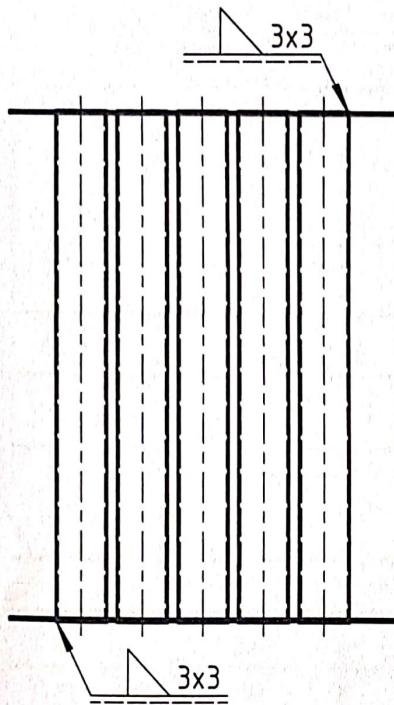
	1	Sub. rangka tungku atas	7	Besi siku	460x460x200	Welding SMAW
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	/	Perubahan :			
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: kasar



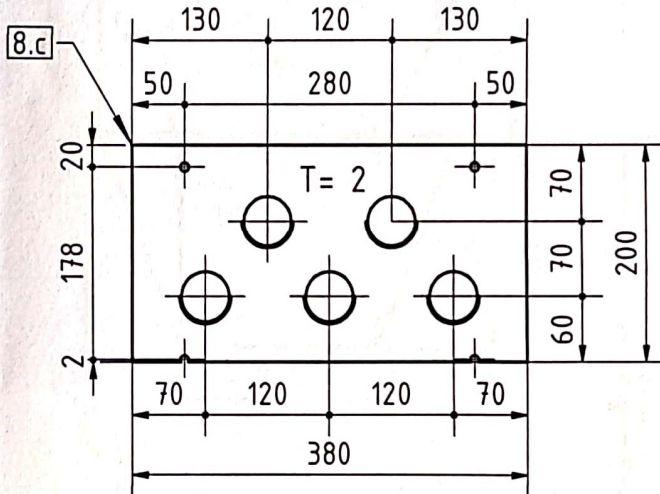
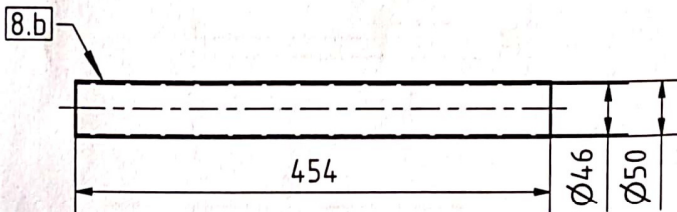
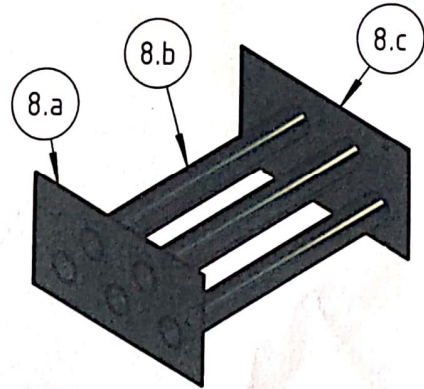
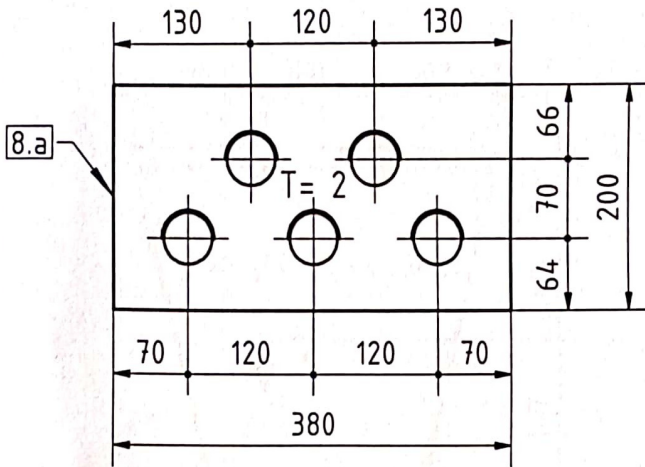
	8	Rangka horizontal	7.b	Besi siku	480x40x3	Cutting
	4	Tiang	7.a	Besi siku	454x40x3	Cutting
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	/	Perubahan :			
		Gambar rangka		Skala 1 : 5	Digambar MHA	
					Diperiksa MBN	
		Politeknik Negeri Ujung Pandang		TIM : 44321205	44321208	

Tol: kasar



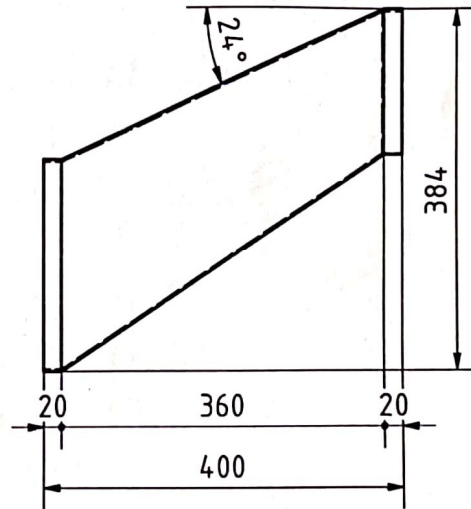
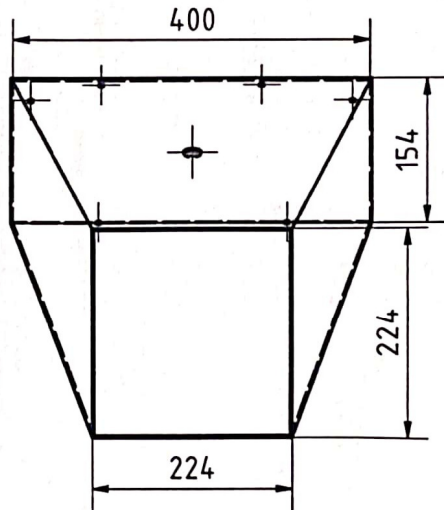
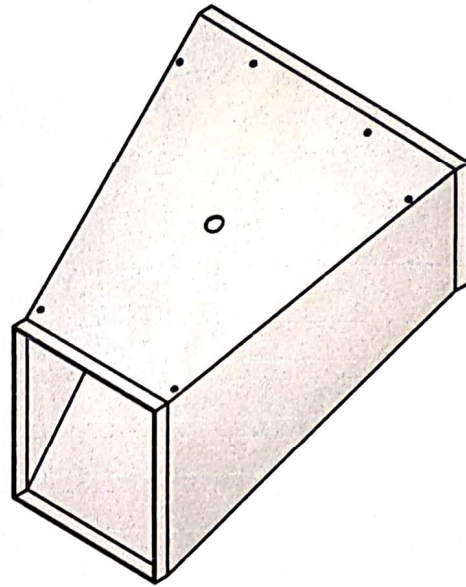
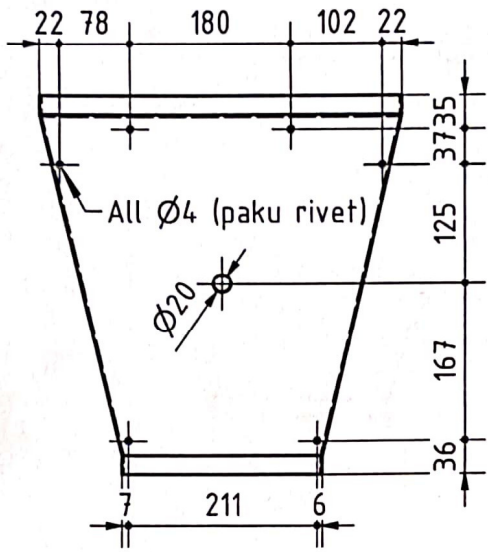
	1	Assembly pipa pembakaran	8	Pipa galvanis	458x380x200	Welding SMAW
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///		Perubahan :				
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: kasar



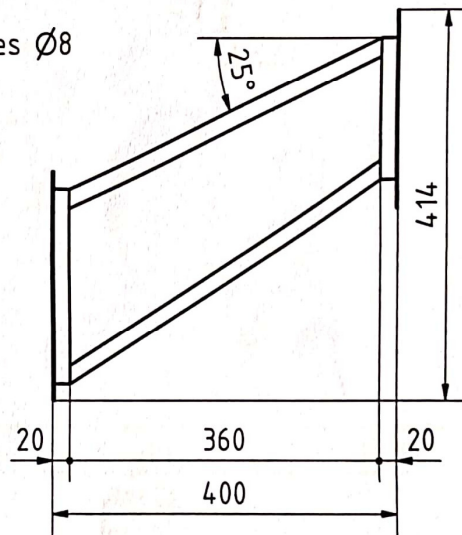
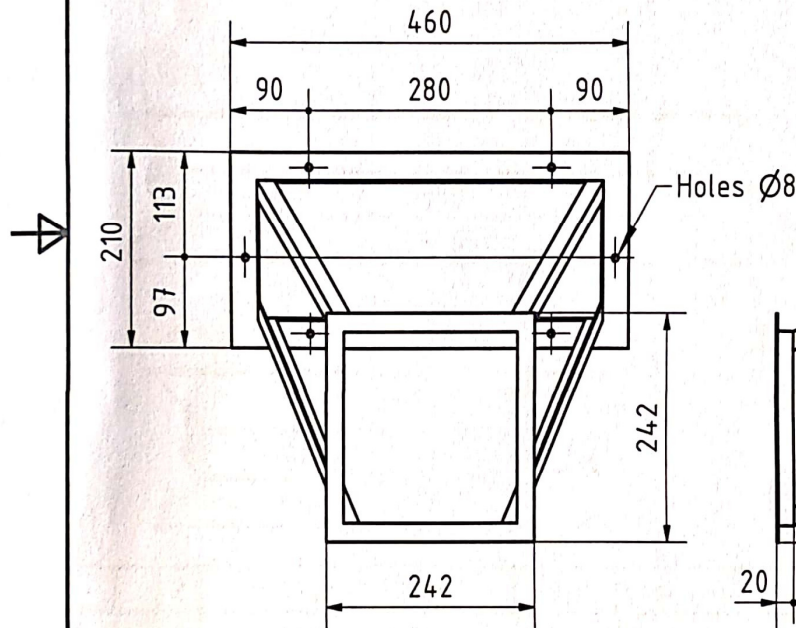
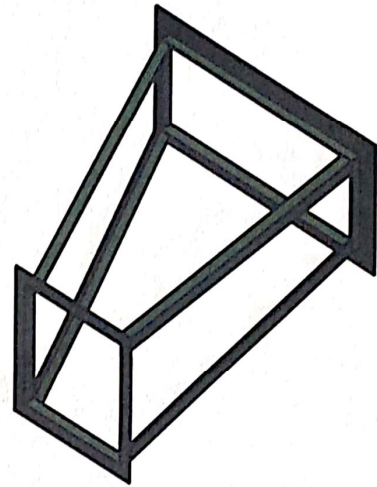
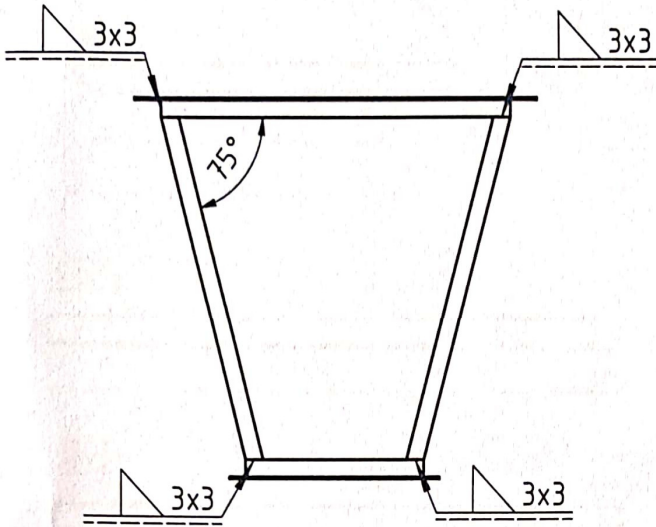
	1	Pelat sampung	8.c	Pelat besi	380x200x2	Cutting
	5	Pipa	8.b	Pipa besi	Ø50x454	Cutting
	1	Pelat sampung	8.a	Pelat besi	380x200x2	Cutting
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	/	Perubahan :			
			Gambar rangka	Skala 1 : 5	Digambar MHA	<i>MHA</i>
					Diperiksa MBN	<i>MBN</i>
			Politeknik Negeri Ujung Pandang		44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: sedang



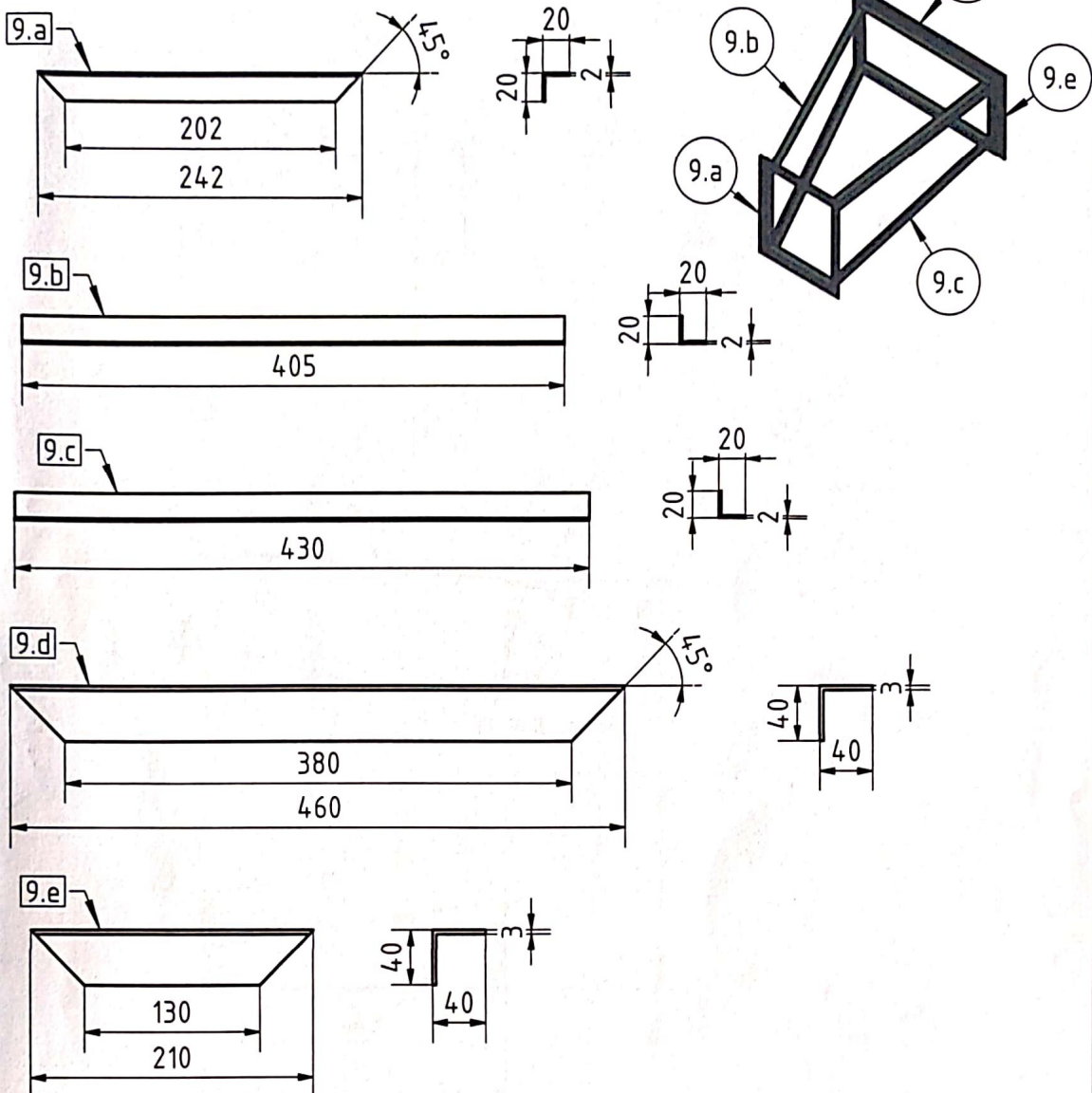
1	Cover ruang pehisapan	9	Pelat galvanis	400x400x384	Bending
Jumlah	Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	Perubahan :				
	Gambar rangka			Skala 1 : 10	Digambar MHA Diperiksa MBN
	Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: kasar



1	Sub. ruang penghisap udara	9	Besi siku	400x460x414	Welding SMAW
Jumlah	Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///		/	Perubahan :		
Gambar rangka				Skala 1 : 5	Digambar MHA
				Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang				44321204 TIM : 44321205 44321208	

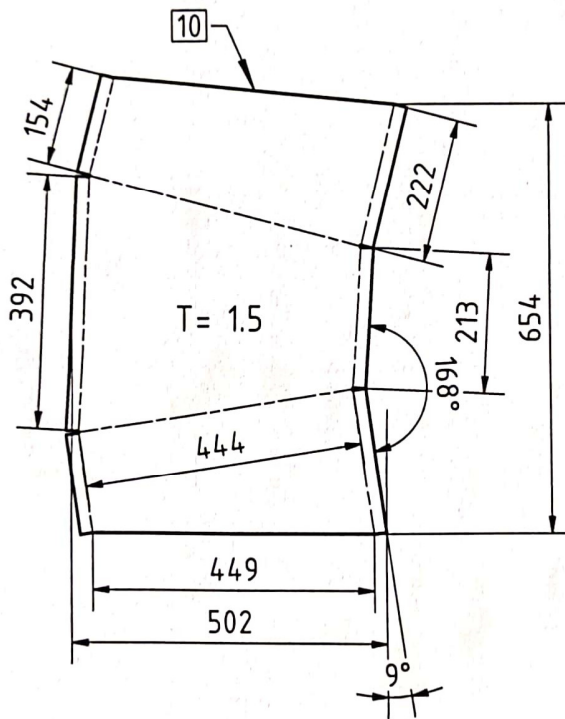
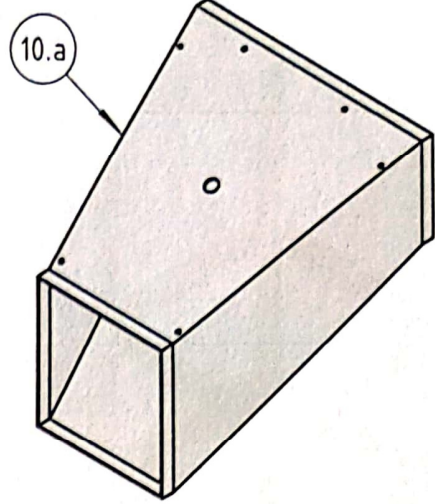
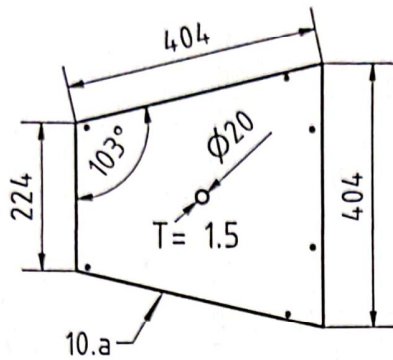
Tol: kasar



	2	Pengikat tiang 1	9.e	Besi siku	210x40x3	Cutting
	2	Pengikat tiang 1	9.d	Besi siku	460x40x3	Cutting
	2	Penghubung tiang 1	9.c	Besi siku	430x20x2	Cutting
	2	Penghubung tiang 1	9.b	Besi siku	405x20x2	Cutting
	4	Pengikat tiang	9.a	Besi siku	242x20x2	Cutting
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan

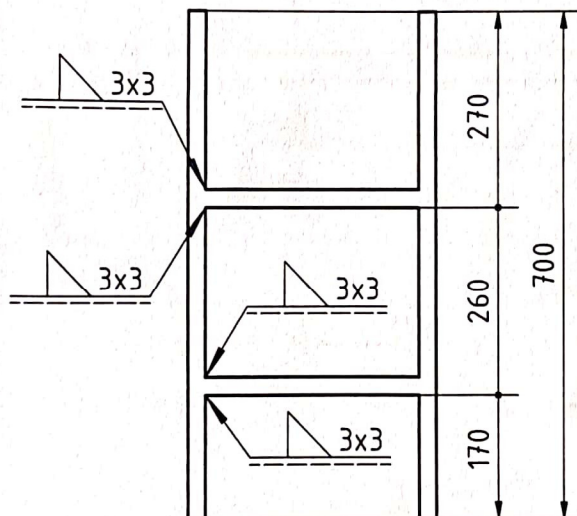
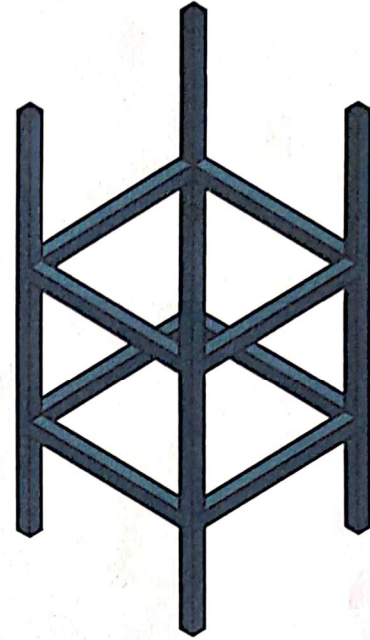
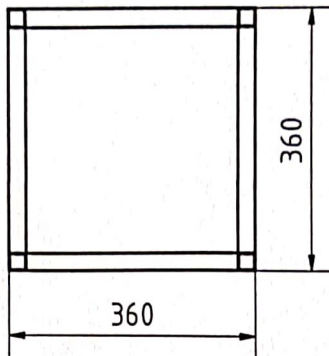
///		/	Perubahan :			
			Gambar rangka	Skala 1 : 5	Digambar MHA	<i>MHA</i>
			Politeknik Negeri Ujung Pandang	TIM : 44321205 44321208	Diperiksa MBN	<i>MBN</i>

Tol: kasar



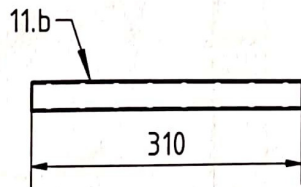
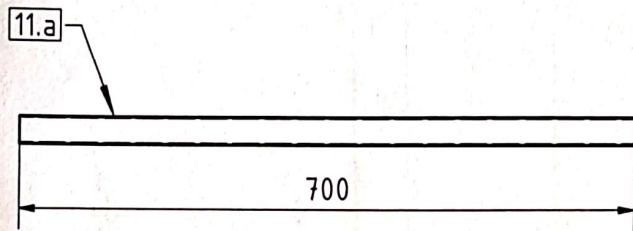
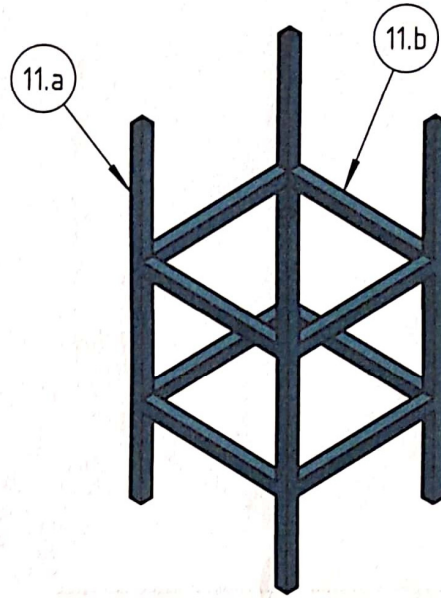
	1	Cover ruang penghiapan	10	Pelat galvanis	645x502x2	Bending
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	Perubahan :				
		Gambar rangka			Skala 1 : 10	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			TIM : 44321204 44321205 44321208	

Tol: kasar



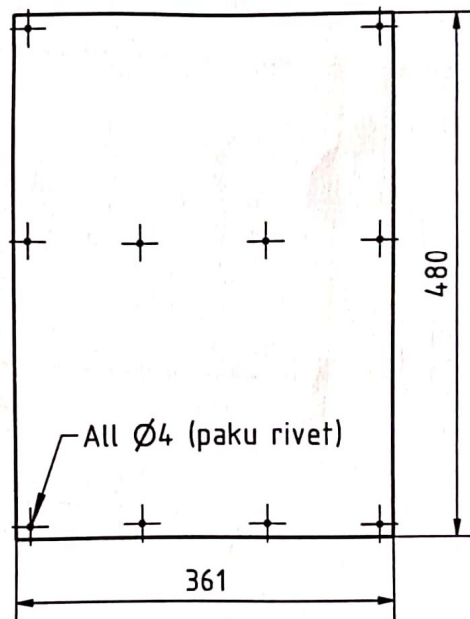
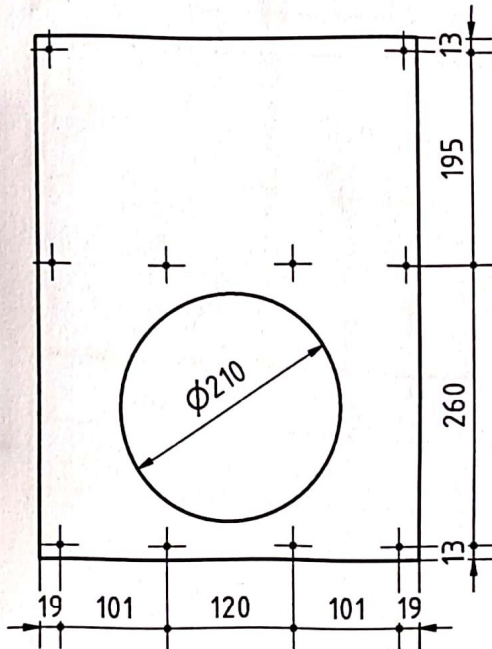
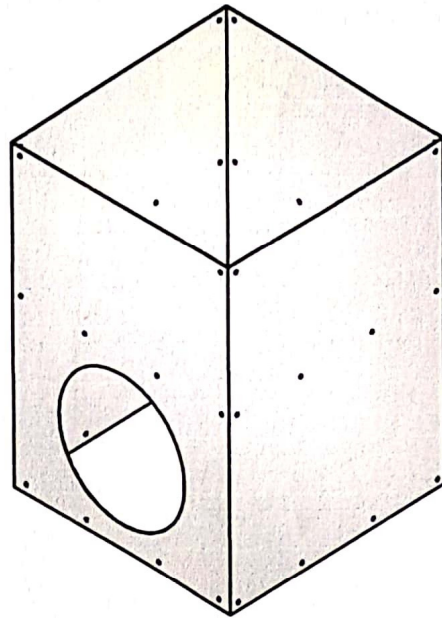
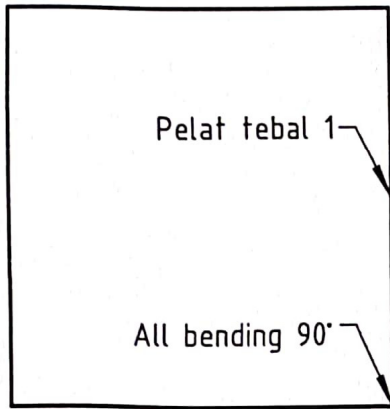
	1	Sub. rangka ruang pengering	11	Hollow besi	360x360x700	Welding SMAW	
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
///	//	Perubahan :					
		Gambar rangka			Skala 1 : 10	Digambar	MHA
						Diperiksa	MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208		

Tol: kasar



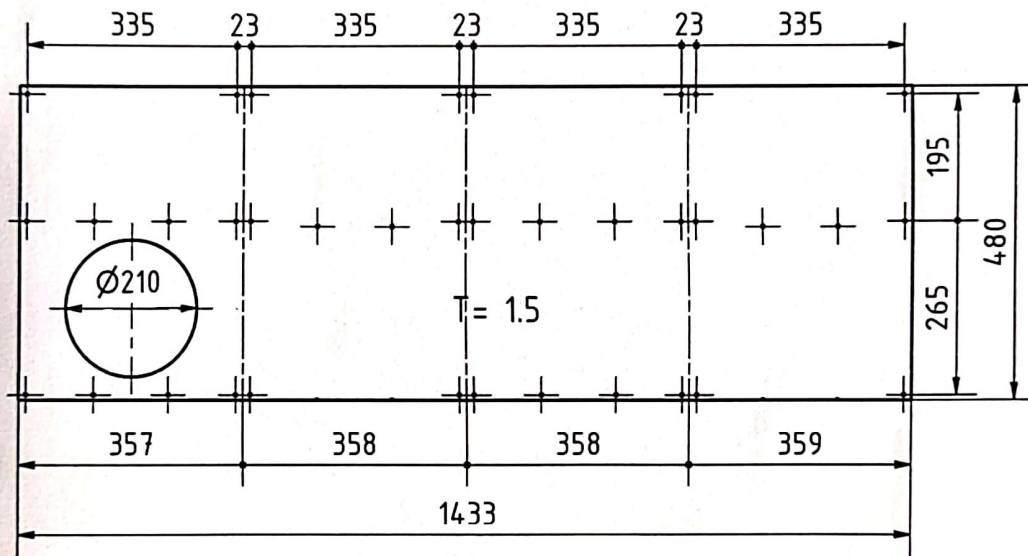
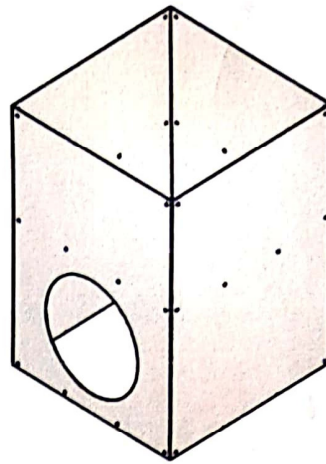
	8	Pengikat tiang utama	11.b	Hollow galvanis	700x30x30	Cutting
	4	Tiang utama ruang pengering	11.a	Hollow galvanis	310x30x30	Cutting
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///		Perubahan :				
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA
						Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			TIM : 44321204 44321205 44321208	

Tol: sedang

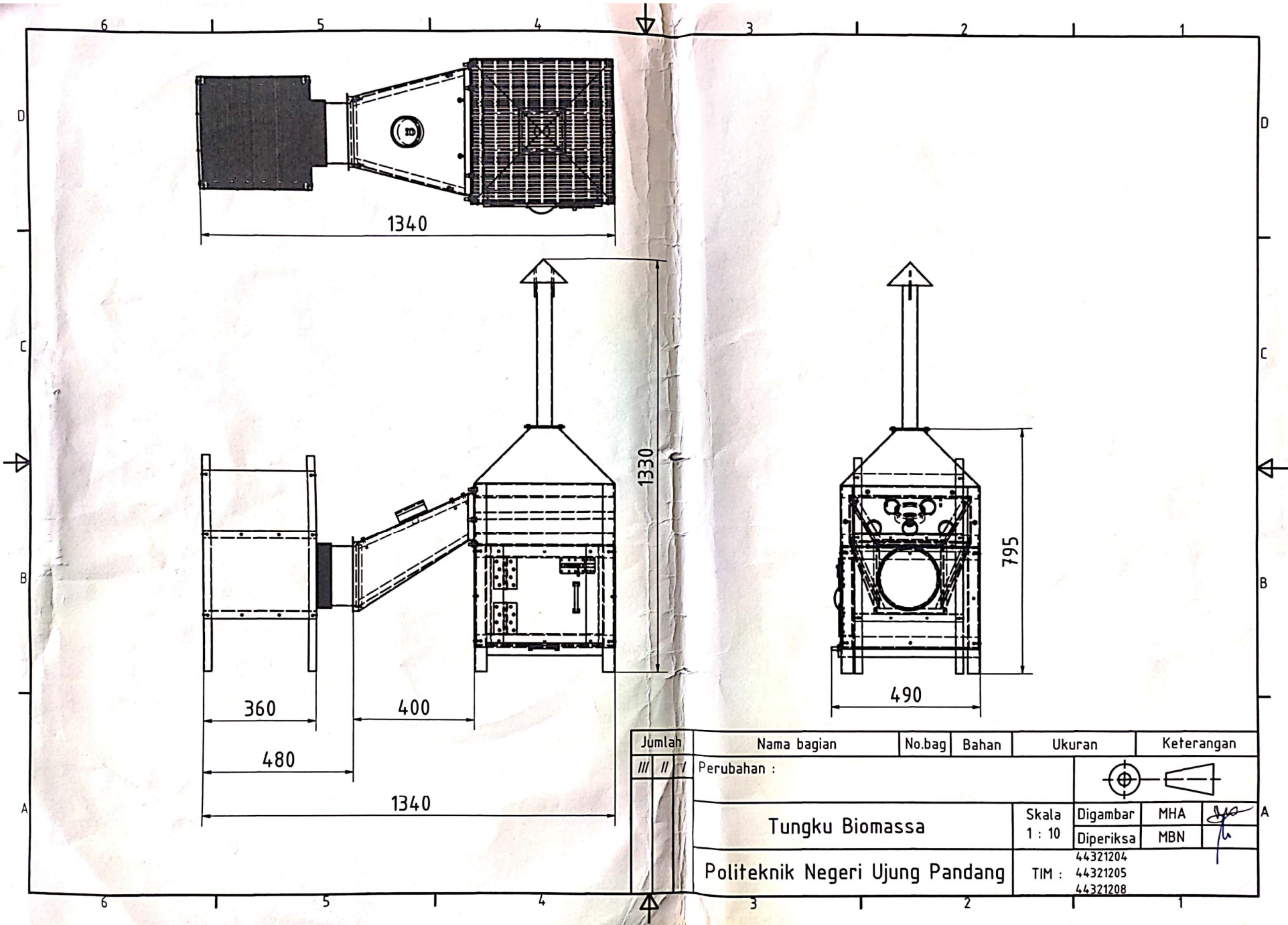


	1	Cover oven	8	Pelat galvanis	361x361x480	Bending
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	Perubahan :				
		Gambar rangka			Skala 1 : 5	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	

Tol: sedang



	1	Cover oven	12	Pelat galvanis	1433x480x1.5	Bending
Jumlah		Nama bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///	//	Perubahan :				
		Gambar rangka			Skala 1 : 10	Digambar MHA Diperiksa MBN
		Politeknik Negeri Ujung Pandang			44321204 TIM : 44321205 44321208	










Jumlah	Nama bagian	No. bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
/// // 1	Perubahan :				
	Tungku Biomassa			Skala 1 : 10	Digambar MHA Diperiksa MBN
	Politeknik Negeri Ujung Pandang			TIM : 44321204 44321205 44321208	

KARTU ASISTENSI

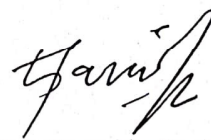
Judul Skripsi : Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Alat Pengering Hasil Pertanian

Nama : Muhaimin Hidayat Arif Nur / Nugraha / Muhammad Rezi Fandiyansyah

Program Studi : Alih Jenjang D4 Teknik Manufaktur

Tanggal	Revisi	Paraf
21-02-2023	Penulisan Laporan. - Sub. gambar - Bab III ke IV - Menunjukkan sumber pada penulisan.	
25/2.23	- layout layout	
28/2.23	Kontak LB.	
7/3.21	Layout Ratas	
7/3.21	Revisi garis Mnt	
10/3.21	Revisi Hrtol	
14/3.21	Angka <= Simbol BLS	

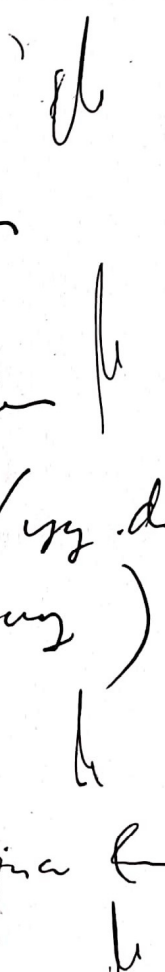
Mengetahui Pembimbing 1



Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.
NIP. 19680105 199403 1 001

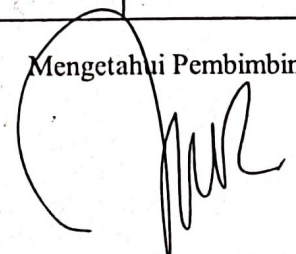
KARTU ASISTENSI

Judul Skripsi : Rancang Bangun Tungku Biomassa Sebagai Alat Pengering Hasil Pertanian
 Nama : Muhaimin Hidayat Arif Nur / Nugraha / Muh, rezi fandyansyah
 Program Studi : Alih Jenjang D4 Teknik Manufaktur

Tanggal	Revisi	Paraf
	<ul style="list-style-type: none"> - Metode Pengujian - Nilai keador - Rysun uenygi target nilai keador & laju pabukan - Atensi bahan yg ada di ceranya (keador nilai keador / yg d. h. h. / mengumpul jagung) - Pukul Tigris - Pasir - Silikon / bahan metode panyan 	

- Drgm
- Gambar
- Respon

Mengetahui Pembimbing II

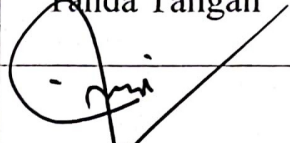





Baso Nasrullah, S.S.T., M.T.
 NIP. 19771218 200604 1 001

LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Muhaimin Hidayat Arif Nur / Nugraha / Muh. Pezi Pandiyansyah
STAMBUK : 44321204 / 44321205 / 44321208

Catatan Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Jr. Muas M., M.T.		
2.	Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.	- Koreksi hal. 15 - Tabel 2.1.	
3.	Trisbenheiser, S.T., M.T.	- Koreksi penulisan - Koreksi gambar	
4.	Abram Tarjkanonda, S.T., M.T.	- Koreksi gambar - Koreksi tabel (hal. 56). (jenis kayu).	

Makassar,
Ketua / Sekretaris Penguji.



Trisbenheiser.....

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.