

PENGEMBANGAN MESIN PENCACAH KAYU MENJADI SERBUK ALAS AYAM

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Dian Kusuma Harsiwi	NIM: 0021710
Anas Centyadi	NIM: 0011733
Deni Yulianto	NIM: 0011736

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2020**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN MESIN PENCACAH KAYU MENJADI SERBUK ALAS AYAM

Oleh:

Dian Kusuma Harsiwi NIM: 0021710

Anas Centyadi NIM: 0011733

Deni Yulianto NIM: 0011736

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Sugiyarto, M.T

Adhe Anggry, M.T

Penguji 1

Penguji 2

Penguji 3

Dedy Ramdhani, M.Sc

Shanty Dwi K., M.Hum

Eko Yudo, M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1	: Dian Kusuma Harsiwi	NIM	: 0021710
Nama Mahasiswa 2	: Anas Centyadi	NIM	: 0011733
Nama Mahasiswa 3	: Deni Yulianto	NIM	: 0011736

Dengan Judul : Pengembangan Mesin Pencacah Kayu Menjadi Serbuk
Alas Ayam

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, Agustus 2020

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Dian Kusuma Harsiwi

.....

2. Anas Centyadi

.....

3. Deni Yulianto

.....

ABSTRAK

Salah satu alas ayam yang umumnya digunakan adalah serbuk kayu. Serbuk kayu dipilih karena dapat menyerap kotoran, tidak berdebu, empuk sehingga tidak melukai kaki ayam, mudah didapat dan murah. Saat ini untuk menghasilkan serbuk kayu masih menggunakan mesin penggergaji kayu, namun kapasitas mesin belum memenuhi permintaan pasar dan serbuk yang dihasilkan terlalu halus untuk digunakan sebagai alas ayam. Berdasarkan kebutuhan tersebut maka perlu dilakukan pengembangan mesin ini untuk memenuhi kebutuhan industri kecil dan menengah dengan hasil yang optimal. Berdasarkan kebutuhan mesin pencacah kayu ini maka kami berencana membuat rancangan simulasi mesin pencetak pelet kayu ini dengan metode perancangan VDI 2222 dimana memiliki 4 (empat) tahapan yaitu merencana, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian. Dari tahap mengkonsep dihasilkan 3 (tiga) variasi konsep rancangan yang kemudian dinilai berdasarkan aspek teknis dan ekonomis. Konsep yang telah terpilih kemudian dilakukan optimasi pada beberapa alternatif fungsi dan dilakukan perhitungan pada bagian-bagian yang dianggap kritis. Selanjutnya dibuatkan simulasi pergerakan menggunakan software Inventor untuk melihat gambaran fungsi mesin pencacah kayu. Mesin pencacah kayu mampu meningkatkan kapasitas mesin sebelumnya sebanyak 20% dengan sistem penggerak motor bakar 7 HP sehingga dengan mesin ini produksi serbuk kayu dapat dilakukan untuk menambah nilai guna dari serbuk kayu yang sebelumnya dibuang menjadi limbah.

Kata Kunci : Serbuk kayu, Mesin pencacah, VDI 2222

ABSTRACT

One of the most common chicken bases used is sawdust. Wood powder was chosen because it can absorb dirt, is not dusty, soft so it does not injure chicken feet, is easy to obtain and cheap. Currently to produce sawdust still using wood sawing machines, but the machine capacity has not met market demand and the resulting powder is too fine to be used as a chicken mat. Based on these needs it is necessary to develop this machine to meet the needs of small and medium industries with high results. optimal. Based on the need for this wood chopping machine, we plan to make a simulation design for this wood pellet molding machine with the VDI 2222 design method which has 4 (four) stages, namely planning, conceptualizing, designing, and finishing. From the conceptual stage, 3 (three) variations of the design concept were produced which were then assessed based on technical and economic aspects. The concept that has been selected is then performed optimization on several alternative functions and calculations are carried out on the parts that are considered critical. Furthermore, a movement simulation was made using Inventor software to see an overview of the wood chopping machine function. The wood chopping machine is able to increase the previous engine capacity by 20 with a 7 HP motor combustion drive system so that with this machine the production of sawdust can be done to increase the use value of wood sawdust that was previously disposed of into waste.

Keywords: Wood powder, chopping machine, VDI 2222

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan ridho-Nyalah penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini tepat pada waktunya. Serta shalawat dan salam penulis kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia ke dunia yang terang dan penuh ilmu pengetahuan.

Proyek akhir “Pengembangan Mesin Pencacah Kayu Menjadi Serbuk Alas Ayam” merupakan salah satu syarat setiap kelompok kerja proyek akhir untuk memenuhipersyaratan pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Karya tulis ini berisikan hasil penelitian yang penulis laksanakan selama program Proyek Akhir berlangsung. Adanya mesin pencacah kayu menjadi serbuk alas ayam ini diharapkan dapat mempermudah dan meringankan kendala-kendala saat proses pencacahan kayu menjadi serbuk.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, yaitu :

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah banyak memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Sugiyarto, M.T. selaku pembimbing dari prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Ibu Adhe Anggry, S.S.T.,M.T selaku pembimbing dari prodi Perancangan Mekanik.
4. Dosen penguji yang telah meluangkan banyak waktu dalam memberikan pengarahan dalam penulisan karya tulis.
5. Seluruh dosen dan instruktur yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
6. Rekan-rekan seangkatan baik dari prodi Perancangan Mekanik, Perawatan Mesin dan Teknik Elektronika.

7. Orang-orang terdekat yang telah banyak memberikan semangat dan inspirasi bagi penulis.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari sempurna, terutama dari segi isi maupun rancangan. Karena keterbatasan waktu dan hambatan yang penulis hadapi, oleh sebab itu penulis mengharapkan masukan dari pembaca agar dapat menjadi bahan pertimbangan penulis untuk menyempurnakan karya tulis ini.

Sungailiat, September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Jenis-Jenis Kayu untuk Alas Ayam.....	4
2.1.1 Kayu Akasia	4
2.1.2 Kayu Mahang	4
2.1.3 Kayu Puspa.....	4
2.2 Mekanisme Pencacahan.....	5
2.3 Metode Perancangan VDI 2222	7
2.4 Simulasi	10
2.4.1 Prosedur Simulasi pergerakan	10
2.4.2 Prosedur Simulasi Pembebanan	10
2.5 Perawatan Mesin	11
2.5.1 Pengertian Perawatan.....	11
2.5.2 Tujuan Perawatan	13
2.5.3 Jenis-Jenis Perawatan.....	13
2.6 Poros.....	14
2.7 Belt	15
BAB III METODE PELAKSANAAN.....	17
3.1 Tahap Pelaksanaan	17

3.2 Rincian Pelaksanaa.....	18
BAB IV PEMBAHASAN.....	21
4.1 Perencanaan	21
4.2 Pembuatan Konsep.....	21
4.2.1 Pembuatan Daftar Persyaratan	21
4.2.1.1 Pembagian Fungsi.....	22
4.2.1.2 Pembuatan Alternatif Fungsi Bagian	22
4.2.1.3 Pembuatan Varian Konsep	27
4.2.1.4 Penilaian Varian Konsep	27
4.3 Perancangan.....	29
4.3.1 Analisis Perhitungan	29
4.3.1.1 Kontrol Tegangan Pada Poros	29
4.3.1.2 Kecepatan Belt.....	30
4.3.1.3 Keliling Belt dan Jarak Sumbu Poros	31
4.3.2 Pembuatan.....	32
4.3.2.1 Komponen yang Dibuat dan Dibeli	32
4.3.2.2 <i>StandardOperasional Procedure</i>	33
4.3.3 Perakitan.....	42
4.3.4 Perawatan	47
4.4 Penyelesaian.....	49
BAB V PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Daftar Tuntutan Pengembangan Mesin Pencacah Kayu	21
Tabel 4. 2 Alternatif Fungsi Sistem Rangka	23
Tabel 4. 3 Alternatif Fungsi Transmisi	24
Tabel 4. 4 Alternatif Fungsi Penggerak	25
Tabel 4. 5 Alternatif Fungsi Pencacah	26
Tabel 4. 6 Tabel Metode Kotak Morfologi	27
Tabel 4.7 Kriteria Penilaian Varian Konsep.....	28
Tabel 4.8 Penilaian Varian Konsep	29
Tabel 4.9 Komponen Yang Dibeli dan Dibuat	32
Tabel 4.10 Daftar Komponen dan Jadwal Perawatan.....	47
Tabel 4.11 Perawatan Harian Mesin Pencacah Kayu	47
Tabel 4.12 Perawatan Mingguan Mesin Pencacah Kayu.....	48
Tabel 4.13 Perawatan Bulanan Mesin Pencacah Kayu.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Serbuk Kayu	1
Gambar 1.2. Mesin Gergaji Kayu.....	2
Gambar 2.1 Mata Pisau <i>Shredder</i> (Y. M. Pratama, 2019)	5
Gambar 2.2 Desain Mekanisme Pencacah (Wahyu K. S., Mochamad S., 2016 dan Ichlas N., 2014)	6
Gambar 2.3 Mekanisme Pencacah Tipe Gunting (Nuha D. A., dkk, 2018)...	6
Gambar 2.4 Contoh Fungsi Bagian (Yulinar Y. E., Heri S., 2013).....	8
Gambar 2.5 Contoh Penilaian Varian Konsep Konstruksi (Yulinar Y. E., Heri S., 2013)	9
Gambar 2.6. Struktur Metode Perawatan (Levitt & Joel, 2003)	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan Proyek Akhir	17
Gambar 4.1 Simulasi Pembebanan Pada Poros.....	30
Gambar 4.2 Kerangka Mesin.....	33
Gambar 4.3 Poros Utama	34
Gambar 4.4 Mata Potong	35
Gambar 4.5 Cover Input.....	36
Gambar 4.6 Cover Bawah	37
Gambar 4.7 Cover Atas.....	39
Gambar 4.8 Sekat Dalam	40
Gambar 4.9 Dudukan Pisau.....	41
Gambar 4.10 Kerangka Mesin.....	43
Gambar 4.11 Cover Bawah	43
Gambar 4.12 <i>Pillow Blok</i>	43
Gambar 4.13 Poros Utama	44
Gambar 4.14 <i>Assembly Pillow Blok</i> dan Poros Utama	44
Gambar 4.15 Pemasangan Mata Potong Dengan Dudukan Mata Potong Pada Poros Utama	44

Gambar 4.16 Pemasangan <i>Pulley</i> Pada Poros Utama.....	45
Gambar 4.17 Pemasangan <i>Pulley</i> Pada Motor Bakar	45
Gambar 4.18 Pemasangan Motor Bakar Pada Dudukan Mesin	45
Gambar 4.19 Pemasangan Cover Atas.....	45
Gambar 4.20 Pemasangan Hopper	46
Gambar 4.21 Pemasangan Saringan	46
Gambar 4.22 Mesin Pencacah Kayu	46

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I : Daftar Riwayat Hidup
Lampiran II : Gambar Kerja

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam menjalankan budidaya ayam, ada tiga aspek yang harus diperhatikan yaitu bibit ayam, pakan, dan manajemen litter. Saat ini, terkait kualitas bibit ayam dan pakan sudah mulai diperhatikan. Namun dari segi manajemen litter masih ada hal kecil yang sering diabaikan oleh peternak. Manajemen *litter* penting dilakukan karena memiliki beberapa fungsi yaitu membatasi kontak langsung antara kaki anak ayam dengan lantai yang suhunya relatif dingin, membantu menyerap air dari feses maupun dari tumpahan air minum sehingga lantai kandang tidak lembab, dan membantu menyerap panas dari *brooder* sehingga menghangatkan anak ayam.

Bahan alas ayam yang umum digunakan adalah serbuk kayu. Serbuk kayu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dipilih karena dapat menyerap kotoran, tidak berdebu, empuk sehingga tidak melukai kaki ayam, mudah didapat dan murah.



Gambar 1.1. Serbuk Kayu

Saat ini, untuk menghasilkan serbuk kayu menggunakan mesin yang dibuat di bengkel Polman Babel, namun kapasitas mesin belum memenuhi permintaan pasar. Pada mesin yang dibuat di bengkel Polman Babel jarak pisau

pemotong dengan plat *cover* terlalu dekat sehingga pisau pemotong cepat *aus* dan tumpul. Pada mesin sebelumnya menggunakan tiga mata potong akan tetapi hasil cacahan terlalu halus. Mesin gergaji kayu ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Mesin Gergaji Kayu

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan pengembangan mesin dengan mengurangi jumlah mata potong menjadi dua agar hasil cacahan bisa memenuhi kebutuhan industri kecil dan menengah dengan hasil yang optimal, sehingga produksi dapat lebih efisien dari segi waktu dan tenaga. Mesin ini dirancang untuk memenuhi permintaan pasar sebesar 1000 karung/bulan (@20 kg/karung), dapat meningkatkan kuantitas produksinya, mudah dioperasikan serta ramah lingkungan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan pada latar belakang, maka perumusan masalah pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sebuah mesin pencacah kayu agar meningkatkan kapasitas mesin sebesar 20% dari mesin sebelumnya ?
2. Bagaimana membuat simulasi gerak mesin pencacah kayu menjadi serbuk ?

1.3. Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dari proyek akhir ini berdasarkan perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Merancang mesin pencacah kayu dengan meningkatkan kapasitas mesin sebesar 20% dari mesin sebelumnya
2. Membuat simulasi gerak mesin pencacah kayu menjadi serbuk alas ayam

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Jenis-Jenis Kayu untuk Alas Ayam

2.1.1 Kayu Akasia

Kayu akasia memiliki ciri batang berbentuk bulat lurus, bercabang banyak, berkulit tebal agak kasar dan kadang beralur kecil dengan warna cokelat muda. Pohon ini dapat mencapai tinggi 30 m, dengan diameter sampai sebesar 90 cm serta batang bebas cabang 10-15 m (Builder I., 2018).

2.1.2 Kayu Mahang

Kayu mahang merupakan tumbuhan pionir dan karakteristik dari hutan sekunder, dan sering ditemukan tumbuh secara berkelompok secara alami. Tinggi pohon mahang bisa mencapai 30 m dengan diameter 50 cm, berbatang lurus, bulat dan tidak berbanir. Kayu Mahang merupakan kayu yang memiliki kekuatan rendah, yaitu kelas awet IV – V dan berat jenis 0,34 (0,21 – 0,47) sehingga jarang digunakan sebagai bahan baku khususnya bahan bangunan (Gerson E. S., dkk., 2018).

2.1.3 Kayu Puspa

Kayu puspa, seru, atau medang gatal sejenis pohon penghasil kayu pertukangan berkualitas sedang. Disebut medang gatal karena pohon ini memiliki lapisan semacam miang di bawah pepagannya, yang keluar berhamburan ketika digergaji dan menimbulkan rasa gatal di kulit. Pohon yang selalu hijau, berukuran sedang hingga besar, mencapai tinggi 47 m, berbatang bulat torak, gemangnya hingga lebih dari 250 cm, batang bebas cabang hingga sekitar 25 m. Daun tersebar dalam spiral, bertangkai sekitar 3 mm, helai daun lonjong hingga jorong lebar 6-13 × 3-5 cm, pangkal bentuk baji dan ujung runcing atau meruncing, dengan tepian bergerigi (Wikipedia).

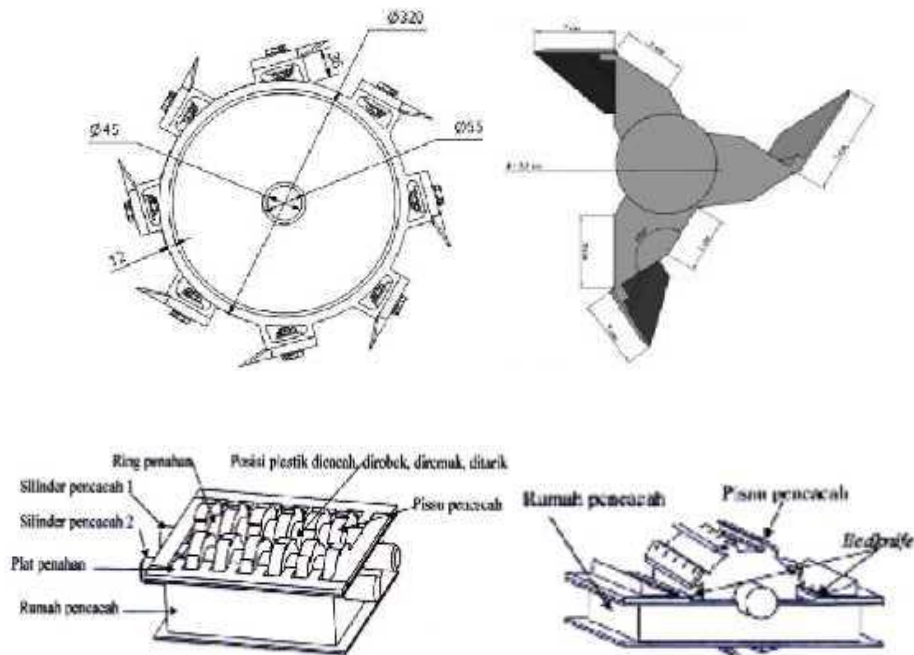
2.2. Mekanisme Pencacahan

Penelitian yang berhubungan dengan mekanisme pencacahan telah dilakukan oleh Y. M. Pratama (2019), mekanisme pencacahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Mata pisau yang digunakan adalah jenis *shredder*, mata pisau jenis ini tidak membutuhkan air dalam proses pencacahan, karena jika menggunakan media pembantu air akan mengeluarkan limbah air yang dapat mencemarkan lingkungan.



Gambar 2.1 Mata Pisau *Shredder* (Y. M. Pratama, 2019)

Wahyu K. S. dan Mochamad S., (2016) dan Ichlas N., (2014) menggunakan 2 jenis mekanisme pencacahan yaitu unit pencacah sistem *crusher* dan silinder pencacah tipe *reel*, dimana sampah plastik mengalami dua kali proses pencacahan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, namun masih belum dapat digunakan untuk mengolah sampah dengan karakteristik yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Desain Mekanisme Pencacah (Wahyu K. S., Mochamad S., 2016 dan Ichlas N., 2014)

Nuha D. A., dkk, (2018), menggunakan mekanisme pencacahan yang menggunakan tipe gunting seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Hasil perancangan mesin pencacah menggunakan 5 mata pisau dengan spesifikasi, panjang 180 mm, lebar 50 mm, tebal 10 mm dan sudut mata pisau 35° dengan panjang poros penggerak 450 mm, diameter 30 mm.



Gambar 2.3 Mekanisme Pencacah Tipe Gunting (Nuha D. A., dkk, 2018)

2.3. Metode Perancangan VDI 2222

Metode perancangan merupakan proses berpikir sistematis dalam menyelesaikan suatu permasalahan untuk mendapatkan hasil yang maksimal sesuai dengan yang diharapkan (Arisalbani, 2016). Metode perancangan VDI 2222 yang sistematis diharapkan dapat mempermudah perancang untuk menguasai sistem perancangan tanpa harus menguasai secara detail. Metode ini membantu mempermudah proses merancang sebuah produk dan mempermudah proses belajar bagi pemula serta dapat mengoptimalkan produktifitas perancang untuk mencari pemecahan masalah paling optimal (M. Ferdinan S., dkk, 2018).

Tahapan perancangan VDI 2222 adalah sebagai berikut (Yulinar Y. E., dkk, 2013):

1. Perencanaan

Tahap perencanaan dilakukan sebagai awal dalam menentukan langkah kerja yang harus dilakukan dengan baik dan sistematis. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam melakukan analisa berupa pemilihan pekerjaan diantaranya studi kelayakan, analisis pasar, konsultasi pemesan, hak paten, kelayakan lingkungan, dan dilanjutkan dengan penentuan pekerjaan.

2. Pembuatan Konsep

Dalam tahap pembuatan konsep, beberapa aktivitas yang berhubungan dengan perancangan dilakukan berdasarkan spesifikasi produk yang telah ditetapkan. Beberapa tindakan yang dilakukan dalam pembuatan konsep adalah sebagai berikut:

a. Penjelasan pekerjaan

Penjelasan pekerjaan merupakan rumusan untuk memperjelas masalah atau tugas yang akan diproses.

b. Pembuatan daftar persyaratan

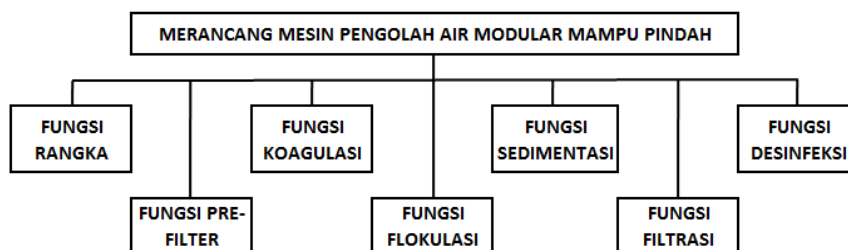
Daftar persyaratan dibuat untuk memudahkan dalam proses perancangan, sehingga konstruksi yang dirancang tercapai secara maksimal. Dalam daftar persyaratan terdapat batasan-batasan yang harus diperhatikan dan dipenuhi. Perancang menguraikan data-data teknis rancangan seperti data fungsi, dimensi dan operasional berdasarkan permintaan pemesan.

a. Pembagian fungsi

Rancangan dikelompokkan berdasarkan fungsi, dimensi atau bentuk sesuai daftar tuntutan.

b. Pembuatan alternatif fungsi bagian

Alternatif fungsi bagian dibuat sebagai bentuk lain dari fungsi yang telah ada yang bertujuan menghasilkan beberapa alternatif dari fungsi bagian dan keuntungan maupun keterbatasan dari setiap alternative. Contoh pembuatan alternatif fungsi bagian seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh Fungsi Bagian (Yulinar Y. E., Heri S., 2013)

c. Pembuatan variasi konsep

Variasi konsep merupakan penggabungan beberapa alternatif yang dibuat sehingga membentuk suatu fungsi bagian.

d. Penilaian variasi konsep konstruksi

Variasi konsep dinilai berdasarkan pada fungsi, manufaktur, penanganan, perakitan, perawatan dan biaya. Contoh penilaian variasi konsep konstruksi seperti pada Gambar 2.5.

No	Aspek Yang Dinilai	Bobot (%)	AFK			Nilai Ideal
			AFK 1	AFK 2	AFK 3	
1	Fungsi	50	4	5	5	5
2	Manufaktur	15	3	3	4	5
3	Penanganan	10	4	3	5	5
4	Perakitan	10	3	3	4	5
5	Perawatan	5	4	3	4	5
6	Biaya	5	1	2	3	5
7	Berat	5	5	5	5	5
Nilai total: ((Nilai AFK) x (Bobot)) / 100			3,65	4,05	4,6	5,00
Presentase: $\frac{\text{Nilai total AFK} \times 100}{\%}$ Nilai ideal total			73 %	81 %	92 %	100 %

Gambar 2.5 Contoh Penilaian Varian Konsep Konstruksi (Yulinar Y. E., Heri S., 2013)

3. Perancangan

Beberapa Faktor yang harus diperhatikan dalam perancangan konstruksi adalah sebagai berikut :

- Fungsi (*function*)
- Pembuatan (*manufacture*)
- Penanganan (*handling*)
- Perakitan (*assembling*)
- Perawatan (*maintenance*)

Hasil rancangan berupa gambar draft, perhitungan konstruksi dilakukan berdasarkan gambar draft untuk mencapai hasil rancangan yang diinginkan.

4. Penyelesaian

Tahap penyelesaian akhir yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- Pembuatan gambar susunan
- Pembuatan gambar bagian




2.4. Simulasi

Simulasi merupakan teknik untuk meniru operasi-operasi atau proses yang terjadi dalam sebuah sistem dengan menggunakan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah (Kelton.W.D,et al,2003). Ada beberapa jenis simulasi diantaranya :

1. Simulasi pergerakan
2. Simulasi *assembly*
3. Simulasi pembebanan

2.4.1 Prosedur Simulasi Pergerakan

Langkah-langkah pembuatan simulasi pergerakan pada aplikasi Inventor adalah :

1. Setelah semua part di *assembly* kemudian klik menu *motion study*
2. Setelah masuk menu *motion study* klik menu motor  pada menu motor pilih tipe motor. *Rotary* motor untuk gerak putar dan *Linear* motor untuk gerak lurus.
3. Kemudian pilih *component/direction* klik part yang ingin digerakkan,
4. Setelah itu pilih kecepatan gerak part yang dipilih kemudian klik  ok.
5. Kemudian kita akan kembali ke menu *motion study* pilih  *calculate*

Agar aplikasi memproses simulasi pergerakan

6. klik play untuk memutar/melihat simulasi pergerakan yang telah dibuat

2.4.2 Prosedur Simulasi Pembebanan

Langkah-langkah pembuatan simulasi pembebanan pada aplikasi Inventor adalah :

1. Buka *part* yang akan disimulasi pembebanan
2. Pilih menu *simulation* kemudian klik *new study* kemudian pilih *static* klik ok

3. Kemudian kita akan kembali ke menu *simulation* klik *fixtures advisor* pilih model tumpuan yang diinginkan disini dipilih *fixed geometry*
4. Klik pada bagian part yang ingin diberikan tumpuan
5. Setelah itu klik *external loads advisor* pilih model pembebanan disini dipilih *force*, klik bagian *part* yang ingin diberi gaya. Masukkan besar gaya kemudian klik ok
6. Klik run this study untuk melihat hasil pembebanan yang telah dibuat. Klik kanan pada *result* kemudian pilih *animation* untuk memutar animasi pembebanan yang telah dibuat

2.5. Perawatan Mesin

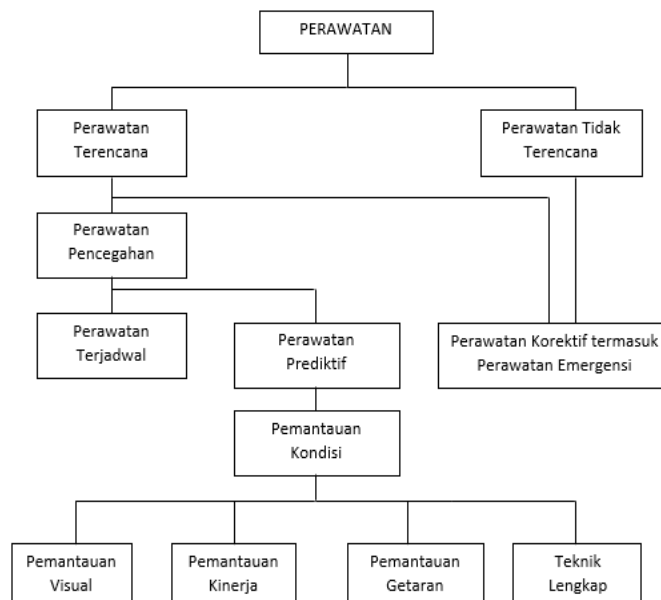
2.5.1. Pengertian perawatan

Perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang dapat diterima. Perawatan juga dapat diartikan sebagai serangkaian tindakan, baik teknik maupun administratif, yang diperlukan untuk menjaga suatu barang berada pada kondisi operasionalnya yang efektif. Dari kedua pengertian diatas, perawatan dapat diartikan sebagai serangkaian tindakan yang berupa kombinasi dari tindakan teknik maupun administratif yang diperlukan dalam rangka menjaga atau memperbaiki barang pada kondisi yang bisa diterima atau pada kondisi operasionalnya yang efektif. Perawatan merupakan kegiatan yang berkaitan dengan tindakan-tindakan sebagai berikut (Effendi, 2008) :

- Pemeriksaan (*Inspection*), yaitu tindakan pemeriksaan terhadap mesin atau sistem untuk mengetahui kondisinya apakah mesin atau sistem tersebut dalam kondisi yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan atau tidak.
- Perawatan (*Service*), yaitu tindakan untuk menjaga kondisi suatu sistem agar tetap baik. Biasanya telah terdapat diatur pada *Manual Book* sistem tersebut.
- Penggantian komponen (*Replacement*), yaitu melakukan penggantian komponen yang rusak dan tidak dapat dipergunakan lagi. Penggantian ini dilakukan secara mendadak atau dengan perencanaan terlebih dahulu.

- *Repair* dan *Overhaul*, yaitu kegiatan melakukan perbaikan secara cermat serta melakukan suatu *set up* sistem. Tindakan *repair* merupakan kegiatan perbaikan yang dilakukan setelah sistem mencapai kondisi gagal beroperasi (*Failed Stated*) sedangkan *Overhaul* dilakukan sebelum *Failed Stated* terjadi.

Menurut Effendi (2008), secara umum kegiatan perawatan dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dan perawatan perbaikan (*corrective maintenance*). Struktur jenis-jenis perawatan ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6. Struktur Metode Perawatan (Levitt & Joel, 2003)

1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) merupakan pencegahan sistematis, penjadwalan berkala dengan *interval* tetap dan melaksanakan pembersihan, serta perbaikan mesin atau sistem dengan baik dan tepat waktu. Kegiatan ini dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan dan menemukan kondisi yang dapat menyebabkan sistem mengalami kerusakan pada saat digunakan dalam proses produksi. Dalam pelaksanaannya, kegiatan perawatan pencegahan dapat dibedakan atas 2 macam yaitu:

- a) Perawatan Rutin (*Routine Maintenance*), yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan secara rutin/setiap hari.
- b) Perawatan Berkala (*Periodic Maintenance*), yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala dan dalam jangka waktu tertentu, misalnya setiap satu minggu sekali hingga satu tahun sekali. Perawatan ini dapat dilakukan berdasarkan lamanya jam kerja mesin.

2. Perawatan Perbaikan (*Corrective Maintenance*)

Perawatan perbaikan (*Corrective Maintenance*) merupakan kegiatan yang dilakukan setelah komponen benar-benar telah mengalami kerusakan sehingga tidak dapat beroperasi dan berproduksi. Kerusakan komponen ini biasanya akan ditandai dengan ditemukannya produk yang dihasilkan tidak sedikit mengalami kecacatan

2.5.2. Tujuan Perawatan

Tujuan perawatan adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang umur penggunaan aset;
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produk dan dapat diperoleh laba yang maksimum;
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu;
4. Untuk menjamin keselamatan pengguna peralatan tersebut;
5. Agar mesin industri, bangunan, dan peralatan lainnya selalu dalam keadaan siap pakai secara optimal;
6. Untuk menjamin kelangsungan produksi sehingga dapat membayar kembali modal yang telah ditanamkan dan akhirnya akan mendapatkan keuntungan yang besar.

2.5.3. Jenis-Jenis Perawatan

Saat ini berbagai pola dan sistem perawatan telah berkembang pesat, yang masing-masing tentunya mempunyai kelebihan dan kekurangan. Dengan demikian dianggap perlu untuk memilih pola dan sistem yang tepat untuk

diterapkan sehingga akan sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik fasilitas yang dimiliki.

Suatu pola atau sistem yang diterapkan di suatu perusahaan belum tentu cocok untuk diterapkan di perusahaan yang lainnya. Sistem, pola, atau teknik perawatan telah banyak mengalami beberapa perubahan yang sejalan dengan tuntutan operasional industri serta perkembangan teknologi, disamping itu harus pula diikuti dengan perubahan terhadap pola penyediaan sumber daya yang ada.

Secara umum ada dua jenis sistem perawatan, yaitu perawatan terencana dan tak terencana. Perawatan terencana dibagi dua, perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*) dan perawatan korektif (*Corrective Maintenance*).

Perawatan pencegahan adalah suatu seri kegiatan untuk memperpanjang umur teknis peralatan dan mendeteksi keadaan atau lokasi kritis peralatan sebelum terjadi kerusakan. Dapat juga diartikan sebagai tindakan yang dilakukan untuk mempertahankan operasi suku cadang dalam kondisi operasinya dengan cara meng-*inspeksi*, mendeteksi, dan mencegah dari kerusakan. Saat ini ada 3 jenis atau strategi perawatan tersedia dan secara umum digunakan, yaitu:

- a. Perawatan kerusakan (*Breakdown Maintenance*)
- b. Perawatan terjadwal (*Scheduled Maintenance*)

2.6 Poros

Poros merupakan elemen utama pada sistem transmisi putar yang dapat berfungsi sebagai pembawa, pendukung putaran dan beban, pengatur gerak putar menjadi gerak lurus yang umumnya ditumpu dengan dua tumpuan. Gaya-gaya yang timbul dari penggerak melalui elemen-elemen transmisi seperti roda gigi, puli serta rantai dan sproket. (Sularso & Suga,K,2004)

Untuk mencari gaya reaksi pada tumpuan dapat menggunakan hukum Newton III tentang kesetimbangan gaya dimana $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$, $\sum M = 0$. Sedangkan untuk menentukan diameter poros ditentukan dengan menghitung bagian-bagian yang menerima momen seperti momen bengkok, momen puntir, dan momen gabungan. Tegangan bengkok terbesar terjadi pada penampang yang menerima momen bengkok maksimum.

Kekuatan poros dihitung menggunakan tegangan bengkok. Rumus tegangan bengkok adalah

$$\sigma_b = \frac{F}{A} \leq \bar{\sigma}_b \quad (2.1)$$

Dimana :

σ_b = Tegangan bengkok (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm)

2.7 Belt

Rumus-rumus dalam pemilihan belt adalah sebagai berikut (Sularso & Suga,K,1979).

- Kecepatan linear belt (v) dihitung menggunakan perhitungan sebagai berikut

$$v = \frac{\pi d_p n}{60 \times 1000} \quad (2.2)$$

Dimana:

v = Kecepatan keliling belt (m/s).

d_p = Diameter pulley mesin (mm)

n = Putaran pulley mesin(rpm)

Antara poros penggerak dengan poros yang digerakan ada jarak, maka panjang keliling sabuk L (mm) harus dihitung, dimana masing-masing adalah d_p

(mm) dan D_p (mm) serta perbandingan putaran dinyatakan $\frac{n_1}{n_2}$ atau $\frac{d_p}{D_p}$.

- Jarak sumbu poros dan keliling sabuk berturut-turut adalah C dan L, maka:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \quad (2.3)$$

Dimana:

L= Panjang sabuk (mm)

C= Jarak sumbu poros (mm)

- Penentuan Jarak Sumbu Poros

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)}}{8} \quad - \quad (2.4)$$

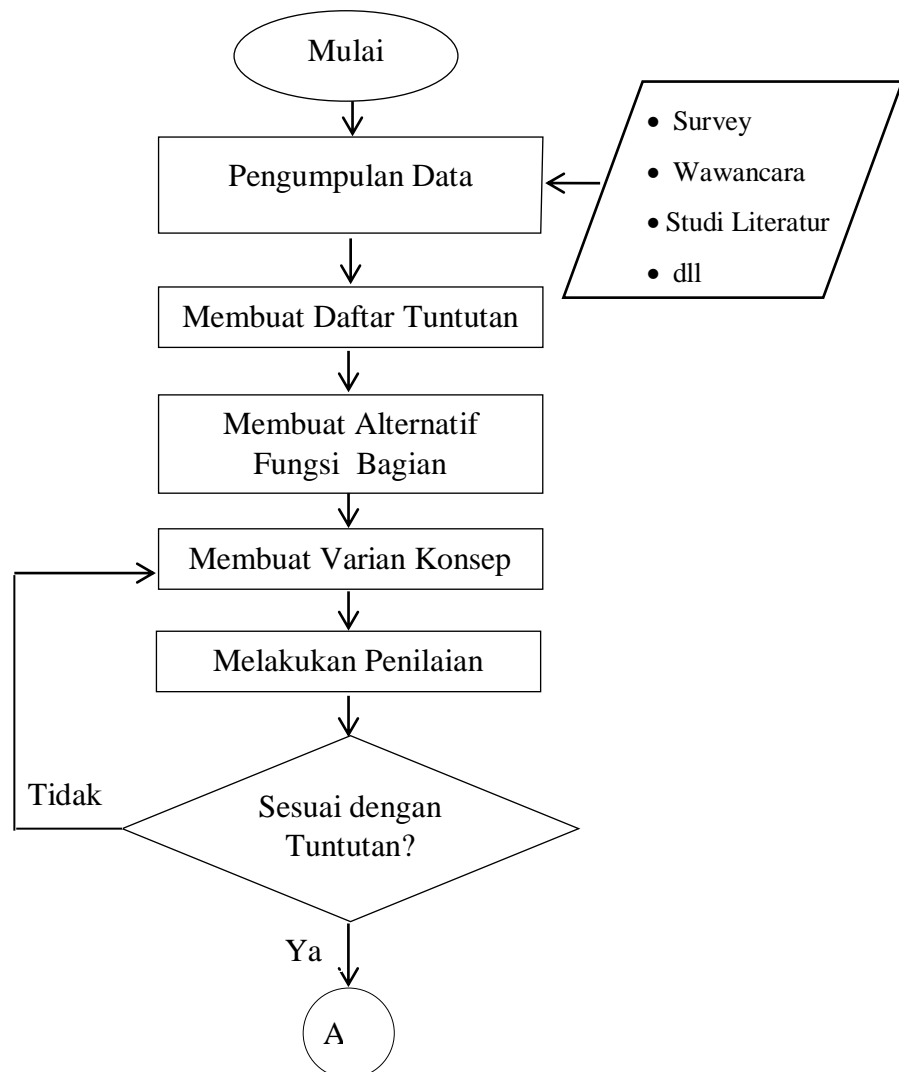
Dimana:

$$b = 2L - 3,14 (D_p - d_p)$$

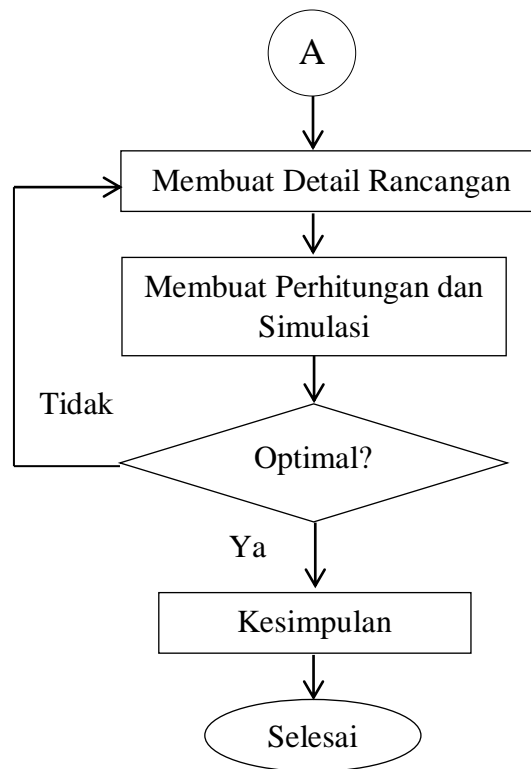
BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Tahapan Pelaksanaan

Metode pelaksanaan menguraikan tahapan-tahapan yang ditempuh dalam menyelesaikan permasalahan secara rinci demi tercapainya tujuan, sehingga diperlukan langkah-langkah yang sistematis dalam pelaksanaannya. Secara ringkas metode dan langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan proyek akhir ini disajikan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan Proyek Akhir



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan Proyek Akhir (Lanjut)

3.2 Rincian Pelaksanaan

Rincian pelaksanaan proyek akhir ini berdasarkan Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

1. Metode Pengumpulan Data

Data dilakukan menggunakan beberapa metode untuk mendapatkan data yang diinginkan antara lain menggunakan metode wawancara dengan mengajukan pertanyaan secara umum kepada produsen, terkait dengan alat bantu dalam proses pencacah kayu. Selanjutnya dilakukan studi pustaka agar peneliti dapat menguasai teori maupun konsep dasar yang berkaitan dengan perancangan mesin pencacah kayu. Studi ini dilakukan dengan membaca dan mempelajari beberapa referensi seperti literatur, laporan ilmiah dan tulisan lain yang dapat mendukung penelitian. Studi lapangan digunakan untuk mengetahui proses pencacah kayu tersebut.

2. Membuat Daftar Tuntutan

Dalam tahapan ini, akan diuraikan tuntutan yang ingin dicapai dari rancang bangun mesin pencetak pelet kayu . Daftar tuntutan nantinya akan dikelompokkan dalam 3 (tiga) jenis tuntutan, yaitu tuntutan utama yang berkaitan dengan fungsi dan hal-hal yang bersifat teknis, tuntutan kedua yang bersifat dengan penggunaan mesin, serta keinginan yang berkaitan dengan tampilan fisik mesin.

3. Membuat Alternatif Fungsi Bagian

Dalam tahapan ini akan dijabarkan fungsi bagian utama mesin pencacah kayu. Kemudian dibuat 3 (tiga) alternatif untuk setiap fungsi dari mesin pencetak pelet kayu beserta analisa keuntungan dan kerugian dari setiap alternatif.

4. Membuat Varian Konsep

Dalam tahapan ini, masing-masing alternatif fungsi bagian dipilih dan digabungkan satu sama lain, sehingga terbentuk sebuah varian konsep mesin pencacah kayu. Nantinya akan dibuat 3 (tiga) jenis varian konsep agar terdapat perbandingan dalam proses pemilihan dan diharapkan dapat dipilih varian konsep yang benar-benar dapat memenuhi tuntutan yang diinginkan setiap varian tersebut akan dianalisa keuntungan dan kerugiannya untuk mempermudah proses pemilihan..

5. Melakukan Penilaian

Dalam tahapan ini dilakukan penilaian terhadap varian konsep dengan skala penilaian 1-3. Tujuannya adalah untuk memutuskan varian konsep yang akan ditindak lanjut ke proses pembuatan detail rancangan untuk memudahkan dalam penilaian. Dari proses penilaian yang telah dilakukan, konsep yang dipilih adalah konsep mesin yang persentasenya mendekati 100 persen. Sehingga dapat diperoleh hasil rancangan mesin pencacah kayu yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan.

6. Membuat Detail Rancangan

Dalam tahapan ini, dilakukan pembuatan gambar draft mesin pencacah kayu serta dilakukan optimasi rancangan beberapa komponen sehingga

mendapatkan detail konstruksi yang ringkas dan mudah dalam proses permesinannya..

7. Membuat Perhitungan dan Simulasi

Dalam tahapan ini dilakukan analisa perhitungan pada komponen-komponen yang kritis. Serta dibuatkan simulasi pergerakan dan pembebanan mesin pencacah kayu. Rancangan optimal apabila simulasi yang dibuat bergerak sempurna dan tidak patah-patah serta berdasarkan perhitungan tegangan bengkok tidak melebihi tegangan bengkok yang diizinkan.

8. Penyelesaian

Tahapan penyelesaian yaitu pembuatan gambar susunan, gambar bagian dan simulasi pergerakan mesin pencacah kayu dengan menggunakan *software* yang diharapkan dapat memberikan informasi tentang fungsi dan kegunaan mesin pencacah kayu ini.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan

Pengembangan mesin ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan industri kecil dan menengah dengan hasil yang optimal, sehingga produksi dapat lebih efisien dari segi waktu dan tenaga. Mesin ini dirancang untuk memenuhi permintaan pasar sebesar 1000 karung/bulan (@20 kg/karung), dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksinya, mudah dioperasikan serta ramah lingkungan.

4.2 Pembuatan Konsep

Dalam tahap pembuatan konsep, beberapa aktivitas yang berhubungan dengan perancangan dilakukan berdasarkan spesifikasi produk yang telah ditetapkan. Beberapa tindakan yang dilakukan dalam pembuatan konsep adalah sebagai berikut:

4.2.1 Pembuatan Daftar Persyaratan

Daftar persyaratan pengembangan mesin pencacahan kayu menjadi serbuk alas ayam ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Daftar Tuntutan Pengembangan Mesin Pencacah Kayu

No.	Kriteria Tuntutan	Kuantifikasi	Ket
I.	Tuntutan Utama		
1.	Output		
	Meningkatkan kapasitas dari mesin sebelumnya sebanyak 20%	85 %	-
2.	Konstruksi Mesin		
	Menggunakan motor bakar	7 HP	-
II.	Tuntutan Kedua		
	Output berupa serbuk kayu yang sudah bisa	85 %	-

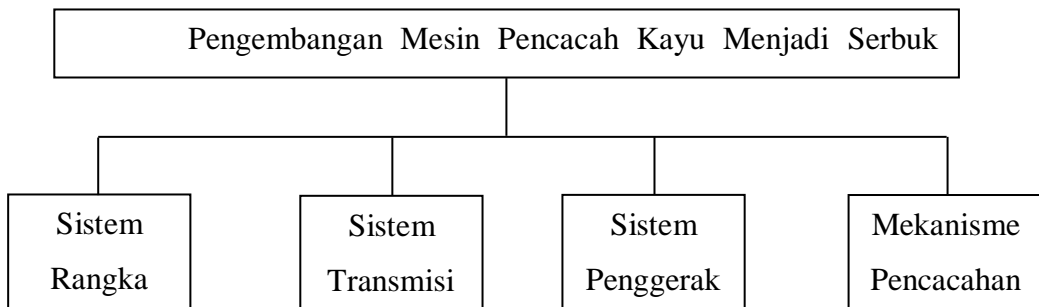
langsung dijadikan alas ayam.

III. Keinginan

- | | | |
|-----------------------|---|---|
| 1. Mudah dirawat | - | - |
| 2. Mudah dioperasikan | - | - |
| 3. Aman | - | - |
-

4.2.1.1 Pembagian Fungsi

Berikut ini merupakan diagram pembagian fungsi Pengembangan Mesin Pencacah Kayu menjadi Serbuk Alas Ayam :



4.1. Diagram Pembagian Fungsi Pengembangan Mesin Pencacah Kayu

4.2.1.2 Pembuatan Alternatif Fungsi Bagian

a. Alternatif Fungsi Sistem Rangka

Pemilihan alternatif disesuaikan dengan deskripsi sub fungsi bagian dengan dilengkapi gambar rancangan beserta keuntungan dan keterbatasan. Adapun alternatif fungsi kerangka ditunjukkan pada Tabel 4.2


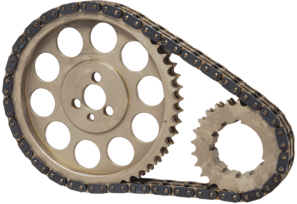
Tabel 4. 2 Alternatif Fungsi Sistem Rangka


No	Alternatif	Keuntungan	Keterbatasan
A.1	Las	<ul style="list-style-type: none"> • Kokoh • Mampu meredam getaran. • Mampu menahan beban berat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak bisa dibongkar pasang • Konstruksi berat • Pembuatan rumit
A.2	Baut	<ul style="list-style-type: none"> • Bisa dibongkar pasang. • Kontruksi tidak berat. • Proses pembuatan tidak terlalu rumit 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontruksi berat • Tidak kokoh. • Tidak mampu meredam getaran.
A.3	Kombinasi Baut dan Las	<ul style="list-style-type: none"> • Bisa diubah bentuk kerangkanya • Mampu meredam getaran • Sebagian bias dibongkar pasang 	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunkan komponen tambahan. • Berat • Tidak mampu meredam getaran.

b. Alternatif Fungsi Sistem Transmisi

Pemilihan alternatif disesuaikan dengan deskripsi sub fungsi bagian dengan dilengkapi gambar rancangan beserta keuntungan dan keterbatasan. Adapun alternatif fungsi kerangka ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Alternatif Fungsi Transmisi

No	Alternatif	Keuntungan	Keterbatasan
B.1	 <p>Pulley dan Belt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan lebih mudah. • Tidak berisik • Kecepatan transmisi tinggi • Dapat diterapkan pada dua poros yang tidak paralel 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah terjadi slip jika beban yang diputar besar. • Sabuk mudah putus • Rasio kecepatan terbatas • Rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan.
B.2	 <p>Rantai dan Sproket</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Daya yang dipindahkan besar. • Tidak mudah slip. • Matarantai dapat ditambah ataupun dikurangi. • Bisa beroperasi dalam kondisi basah 	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan sulit • Menimbulkan suara yang berisik • Pemasangan harus lurus • Pelumas membuat kotoran mudah menempel.

B.3	 <p>Roda Gigi Lurus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi daya yang di transmisikan tinggi • Mudah untuk dipasang • Tidak mudah slip 	<ul style="list-style-type: none"> • Harus terlumasi • Jarak antar poros penghubung pendek • Berisik jika dalam putaran tinggi.
-----	--	--	--

c. Alternatif Fungsi Penggerak

Pemilihan alternatif disesuaikan dengan deskripsi sub fungsi bagiandengan dilengkapi gambar rancangan beserta keuntungan dan keterbatasan. Adapun alternatif fungsi kerangka ditunjukkan pada Tabel 4.4 :

Tabel 4. 4 Alternatif Fungsi Penggerak

No	Alternatif	Keuntungan	Keterbatasan
C.1	 <p>Motor Listrik</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Torsi start tinggi dan dengan arus start rendah • Kecepatan bisa diatur • Percepatan dengan beban berat lembut. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatannya rumit • Regulasi kecepatan jelek • Tidak cocok untuk lingkungan yang berdebu.
C.2	 <p>Motor Bakar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan lebih mudah. • Sparepartnya mudah di dapatkan • Tingkat polusi rendah 	<ul style="list-style-type: none"> • Tenaga maksimum tinggi • Spesifikasi mesin lebih rumit • Boros bahan bakar


C.3	 Motor Bakar Diesel	<ul style="list-style-type: none"> • Torsi lebih besar. • Bahan bakar lebih hemat. • Perawatan lebih mudah. 	<ul style="list-style-type: none"> • Getaran dan suara mesin kasar • Tenaga maksimum lebih rendah. • Menyebabkan polusi udara
-----	---	--	--

d. Alternatif Fungsi Pencacah

Pemilihan alternatif disesuaikan dengan deskripsi sub fungsi bagiandengan dilengkapi gambar rancangan beserta keuntungan dan keterbatasan. Adapun alternatif fungsi kerangka ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Alternatif Fungsi Pencacah

No	Alternatif	Keuntungan	Keterbatasan
D.1		<ul style="list-style-type: none"> • Proses pencacahan yang maksimal 	<ul style="list-style-type: none"> • Proses pembuatan rumit • Memerlukan gaya potong yang besar • Perawatan rumit • Tidak bisa dilepas pasang
D.2		<ul style="list-style-type: none"> • Proses pencacahan yang maksimal • Proses pembuatan sederhana • Bisa dilepas pasang • Perawatan lebih mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan gaya potong yang besar.

D.3		<ul style="list-style-type: none"> • Proses pencacahan yang maksimal. • Proses pembuatan sederhana. • Perawatan lebih mudah. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak dapat dilepas pasang • Memerlukan gaya potong yang besar.
-----	---	---	--

4.2.1.3 Pembuatan Varian Konsep

Setelah pembagian fungsi dibuatkan variasi-variasi yang merupakan gabungan dari fungsi-fungsi bagian yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Tabel Metode Kotak Morfologi

No	Fungsibagian	AFK1	AFK2	AFK3
1.	Fungsi Kerangka	A.1	A.2	A.3
2.	Fungsi Transmisi	B.1	B.2	B.3
3.	Fungsi Penggerak	C.1	C.2	C.3
4.	Fungsi Pencacah	D.1	D.2	D.3
		VK1	VK2	VK3

4.2.1.4 Penilaian Varian Konsep

Ketiga alternatif tersebut dinilai untuk memperoleh alternatif fungsi keseluruhan terbaik. Aspek kriterian penilaian dari mesin pencacah kayu ditunjukkan oleh Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kriteria Penilaian Varian Konsep

Parameter	Penilaian		
	1 Buruk	2 Cukup	3 Baik
Fungsi / Konstruksi	Konstruksi rumit dari segi bentuk, profil dan fungsi bagian.	Konstruksi sederhana dari segi bentuk, profil, tetapi fungsi bagian rumit.	Konstruksi sangat sederhana dari segi bentuk, profil dan fungsi bagian.
Proses Manufaktur / Permesinan	Pembuatan <i>tool</i> sulit untuk dilakukan.	Pembuatan <i>tool</i> relatif mudah untuk dilakukan.	Pembuatan <i>tool</i> sangat mudah untuk dilakukan.
Penanganan / Handling	Lama dan sulit. Butuh operator dengan kemampuan cukup tinggi.	Relatif cepat. Butuh operator dengan kemampuan sedang.	Sangat cepat dan cukup dengan operator rendah.
Perakitan	Perakitan sebagian dilakukan menggunakan alat bantu perakitan dan tidak mudah dilepas pasang.	Perakitan dapat dilakukan dengan cukup mudah secara manual tetapi tidak mudah lepas pasang.	Perakitan dapat dilakukan dengan sangat mudah secara manual dan hampir seluruh bagian dapat dilepas pasang.
Perawatan	Membutuhkan perawatan ekstra dan rumit,	Membutuhkan perawatan yang cukup dan rumit.	Membutuhkan perawatan yang sedikit dan sangat sederhana.
Ekonomis	Biaya pokok pembuatan mahal.	Biaya pokok pembuatan sedang.	Biaya pokok pembuatan murah.
Berat	Berat dan membutuhkan alat angkat berat cukup besar untuk pemindahan.	Cukup berat dan membutuhkan alat angkat sedang untuk pemindahan.	Cukup berat dan dapat diangkat oleh tenaga manusia dan alat angkat kecil.

Penilaian varian konsep dari mesin pencacah kayu ditunjukkan oleh Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Penilaian Varian Konsep

No	Aspek Yang Dinilai	Bobot (%)	AFK			Nilai Ideal
			AFK 1	AFK 2	AFK 3	
1	Fungsi	50	2	2	2	3
2	Manufaktur	15	3	3	2	3
3	Penanganan	10	3	2	2	3
4	Perakitan	10	3	3	2	3
5	Perawatan	5	3	2	2	3
6	Biaya	5	2	2	2	3
7	Berat	5	3	3	3	3
Nilai total : (nilai AFK) x (Bobot)/100			2,45	2,3	2,05	3,00
Persentase: $\frac{\text{Nilai total AFK} \times 100\%}{\text{Nilai ideal total}}$			81%	76%	68%	100%

Dari proses penilaian yang telah dilakukan berdasarkan kriteria diatas, varian konsep yang dipilih adalah varian dengan nilai mendekati nilai total maksimum. Dari varian konsep tersebut kemudian dioptimasi sub fungsi yang ada sehingga diperoleh hasil rancangan yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Varian konsep yang dipilih dari mesin penacacah kayu adalah varian konsep satu(VK-1) dengan nilai total 2,45 yang lebih besar dibandingkan dengan varian konsep yang lainnya.

4.3 Perancangan

4.3.1 Analisis Perhitungan

4.3.1.1 Kontrol Tegangan Pada Poros

Perhitungan kontrol tegangan pada poros menggunakan persamaan rumus (2.2).

Diketahui :

$$\text{Material poros} = \text{St } 37\bar{\sigma} = 370\text{N/mm}^2$$

$$P = 61,1 \text{ N}$$

Diameter poros = $\varnothing 35 \text{ mm}$

Ditanya: σ ?

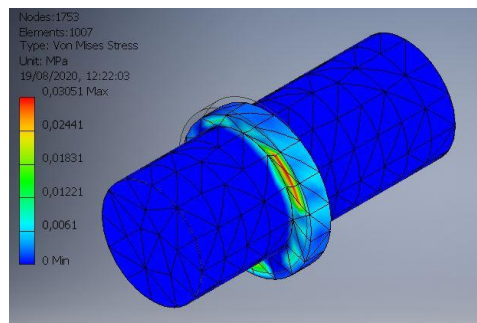
Penyelesaian:

$$\frac{61,1}{\frac{\pi}{4} \times 35^2} \leq 370 \text{ N/mm}^2$$

$$6,35 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2 \leq 370 \text{ N/mm}^2$$

Simulasi pembebanan untuk poros tengah menggunakan *software Inventor*. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.1

Gambar 4.1 Simulasi Pembebanan pada Poros



Berdasarkan software, tegangan yang terjadi sebesar **0,03051 N/mm²**. Jadi setelah dilakukan perhitungan manual maupun menggunakan software dapat disimpulkan bahwa poros dengan diameter 35 mm tidak bengkok jika menerima gaya sebesar 61,1N.

4.3.1.2 Kecepatan Belt

Perhitungan kecepatan belt menggunakan persamaan rumus (2.3)

Diketahui :

$$\pi = 3,14$$

$$D_p = \varnothing 80 \text{ mm}$$

$$n = 1300 \text{ rpm}$$

Ditaya: v ?

Penyelesaian:

$$\frac{\pi \times 80 \times 1300}{60 \times 1000}$$

5,44 m/s

4.3.1.3. Keliling Belt dan Jarak Sumbu Poros

Perhitungan keliling belt dan jarak sumbu poros menggunakan persamaan rumus (2.4)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2$$

Diketahui :

$$\pi = 3,14$$

$$d_p = \text{Ø}80 \text{ mm}$$

$$D_p = \text{Ø}80 \text{ mm}$$

$$C = 630 \text{ mm}$$

Ditaya: L ?

Penyelesaian:

$$L = 2 \times 630 + \frac{\pi}{2} (80 + 80) + \frac{1}{4 \times 630} (80 - 80)^2$$

$$L = 1511,2 \text{ mm}$$

Menggunakan persamaan rumus (2.5)

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8}$$

Dimana:

$$b = 2L - 3,14 (D_p - d_p)$$

Diketahui :

$$L = 1511,2 \text{ mm}$$

$$d_p = \text{Ø}80 \text{ mm}$$

$$D_p = \text{Ø}80 \text{ mm}$$

Ditaya: L dan b ?

Penyelesaian:

$$b = 2 \times 1511,2 - 3,14 (80 - 80)$$

$$b = 3022,4 \text{ mm}$$

$$C = \frac{3022,4 + \sqrt{3022,4^2 - \pi(80-80)^2}}{8}$$

$$C = 755,6 \text{ mm}$$

4.3.2 Pembuatan

Dalam proses pembuatan komponen mesin pencacah kayu ini dilakukan beberapa proses pemesinan, diantaranya pada mesin bubut, mesin milling, mesin bor, dan mesin las. Sebelum melakukan proses pengerjaan pada benda kerja, ada beberapa komponen yang dibeli dan dibuat.

4.3.2.1 Komponen yang dibeli dan dibuat

Sebelum masuk ke pembuatan SOP, ada beberapa komponen yang dibuat dan dibeli. Komponen-komponen yang dibuat dan dibeli ditunjukkan pada Tabel 4.9.

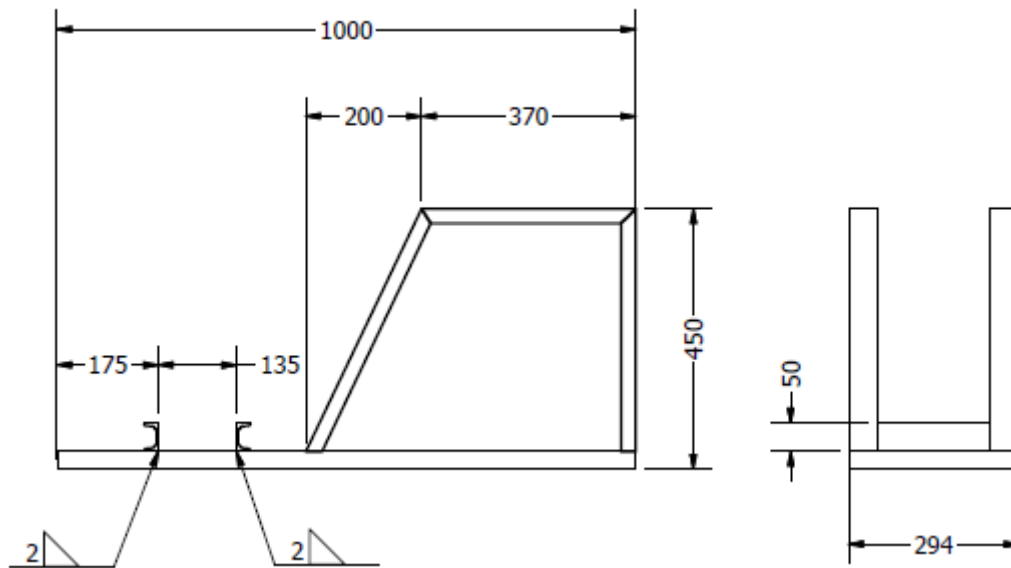
Tabel 4.9 Komponen Yang Dibeli dan Dibuat

Komponen Yang dibuat	Komponen Yang Dibeli
Poros Utama	Bearing
Kerangka Mesin	Engsel Bubut
Mata Potong	Pulley
Cover Mesin	V-Belt
	Pillow Blok UCP207
	Motor Bakar
	Baut dan Mur M8
	Baut dan Mur M10
	Baut dan Mur M16

4.3.2.2 StandardOperasional Procedure

Pembuatan komponen mesin pencacah kayu ini dibuat dengan beberapa proses permesinan, diantaranya :

1. Proses pembuatan kerangka mesin



Gambar 4.2 Kerangka Mesin

- 0.1 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 0.2 Setting mesin
- 0.3 Marking out
- 0.4 Cekam benda kerja
- 0.5 Proses benda kerja

Proses pemotongan besi menggunakan gerinda potong

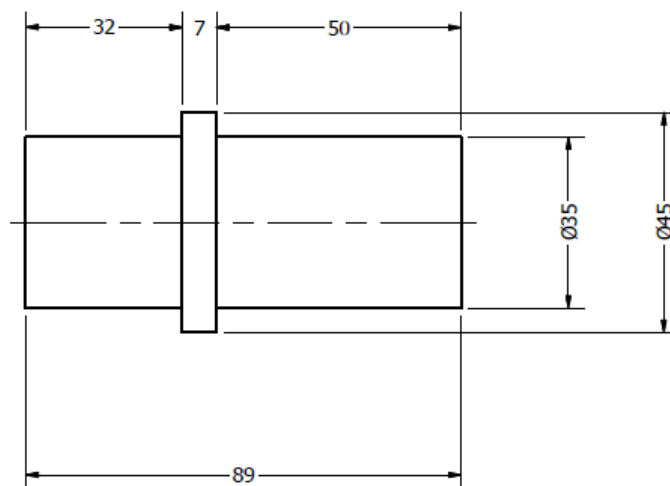
- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin gerinda potong
- 1.04 Cekam benda kerja dengan posisi horizontal
- 1.05 Proses pemotongan untuk bagian alas tiang mesin sepanjang 1000 cm sebanyak 2 buah

- 1.10 Proses pemotongan dudukan cover atas sepanjang 450 cm sebanyak 2 buah dan 294 cm sebanyak 2 buah

Proses pembuatan kerangka menggunakan mesin las

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin las dengan ukuran api 80-90 ampere
- 1.05 Proses pengelasan pembuatan bagian kerangka dudukan cover bawah
- 1.10 Proses pengelasan pembuatan bagian badan kerangka tengah
- 1.15 Proses pengelasan pembuatan bagian dudukan cover atas
- 1.20 Proses pengelasan pembuatan dudukan motor bakar dan dudukan baut *adjuster*.

2. Proses pembuatan poros utama



Gambar 4.3 Poros Utama

- 0.1 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 0.2 Setting mesin
- 0.3 Marking out
- 0.4 Cekam benda kerja
- 0.5 Proses benda kerja

Proses di mesin bubut.

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin

1.04 Cekam benda kerja

1.05 Proses *facing*

1.10 Proses pemakanan dengan diameter 32 mm, 7 mm, 50 mm, dan ukuran ketebalan $\varnothing 45$ dan $\varnothing 35$ mm

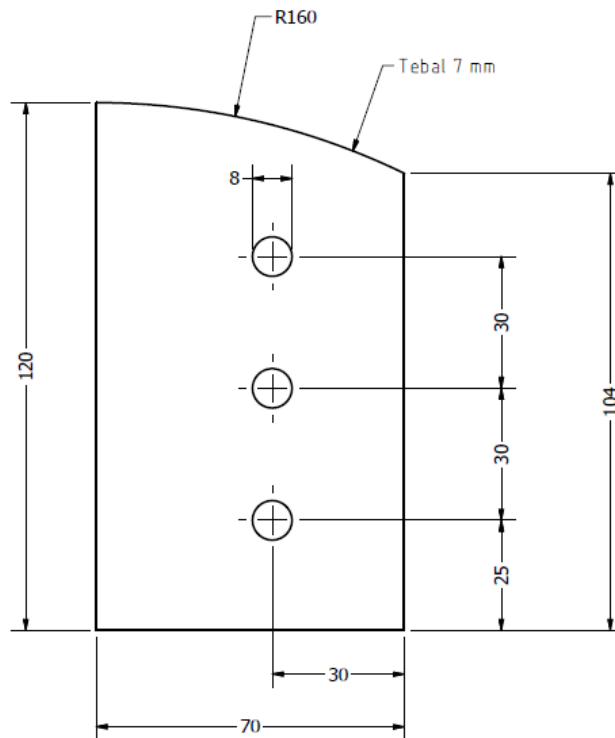
Proses pengamplasan pada poros

1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja

1.02 Cekam benda kerja

1.05 Proses pengamplaskan pada poros

3. Proses pembuatan mata motong



Gambar 4.4 Mata Potong

0.1 Periksa benda kerja dan gambar kerja

0.2 Setting mesin

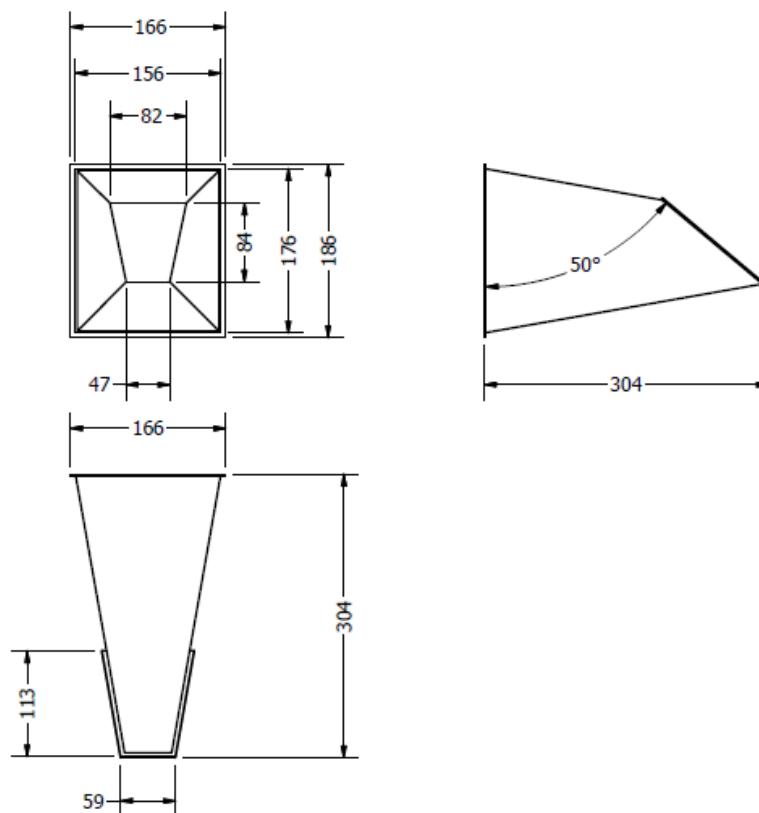
0.3 Marking out

0.4 Cekam benda kerja

0.5 Proses benda kerja

Proses di mesin milling

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
 - 1.02 Setting mesin, gunakan *center drill* dan mata bor $\text{Ø}8$ mm
 - 1.04 Cekam benda kerja dengan posisi horizontal
 - 1.05 Proses pengeboran lubang pertama menggunakan *center drill*
 - 1.10 Proses pengeboran menggunakan mata bor $\text{Ø}8$ mm
 - 2.02 Setting mesin, ganti mata bor dengan *cutter shell end mill* $\text{Ø}50$ mm
 - 2.05 Proses pemakanan benda kerja dengan panjang bawah 120 mm, atas 104 mm, tinggi 70 mm, dan lebar 30 mm
 - 3.04 Setting ragum dengan kemiringan 160° dan cekam benda kerja dengan posisi vertikal
 - 3.05 Proses pemakanan benda kerja diposisi ujung sepanjang 120 mm sehingga memiliki kemiringan sudut potong 45°
4. Proses pembuatan cover input



Gambar 4.5 Cover Input

- 0.1 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 0.2 Setting mesin
- 0.3 Marking out
- 0.4 Cekam benda kerja
- 0.5 Proses benda kerja

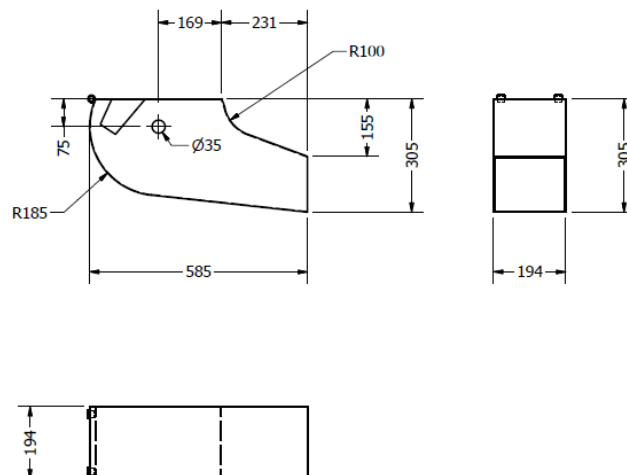
Proses pemotongan plat baja

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin gerinda potong
- 1.04 Cekam benda kerja dengan posisi horizontal
- 1.05 Proses pemotongan untuk bagian input kerangka mesin sepanjang 176 mm lebar 156 mm dan panjang 186 mm lebar 166 mm
- 1.10 Proses pemotongan atas input lebar bawah 47 mm dan atas 82 mm

Proses pembuatan pelat baja menggunakan mesin las

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin las dengan ukuran api 80-90 ampere
- 1.05 Proses pengelasan pembuatan bagian samping
- 1.10 Proses pengelasan pembuatan bagian dalam

5. Proses pembuatan cover bawah



Gambar 4.6 Cover Bawah

- 0.1 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 0.2 Setting mesin
- 0.3 Marking out
- 0.4 Cekam benda kerja
- 0.5 Proses benda kerja

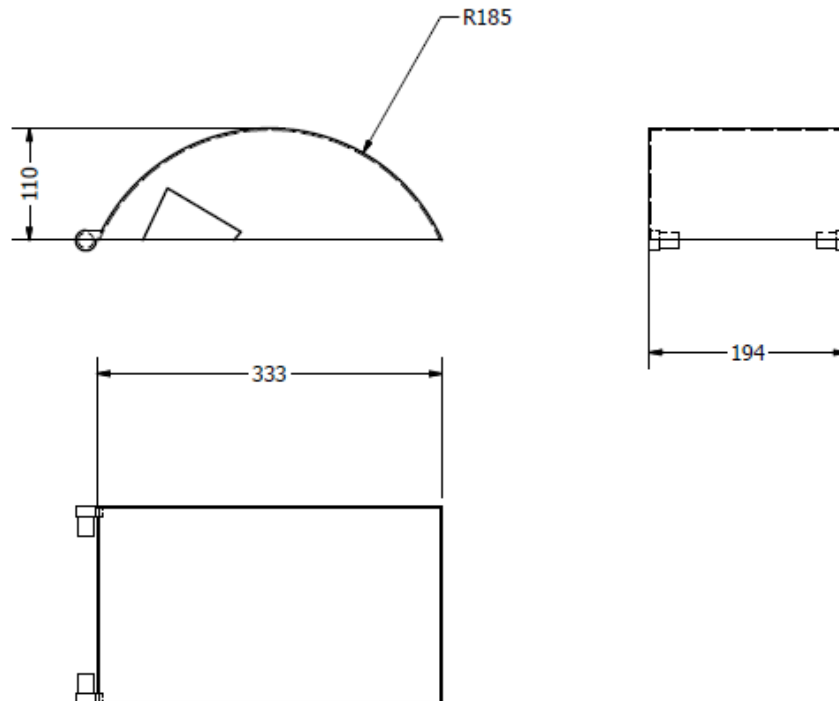
Proses pemotongan plat baja

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin gerinda potong
- 1.04 Cekam benda kerja dengan posisi horizontal
- 1.05 Proses pemotongan untuk bagian input kerangka mesin sepanjang 858 mm lebar 305 mm dan panjang 231 mm lebar 155 mm
- 1.05 Proses pengeboran lubang pertama menggunakan *center drill*
- 2.02 Proses pengeboran menggunakan mata bor Ø35 mm

Proses pembuatan pelat baja menggunakan mesin las

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin las dengan ukuran api 80-90 ampere
- 1.05 Proses pengelasan pembuatan bagian samping
- 1.10 Proses pengelasan pembuatan bagian dalam

6. Proses pembuatan cover atas



Gambar 4.7 Cover Atas

- 0.1 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 0.2 Setting mesin
- 0.3 Marking out
- 0.4 Cekam benda kerja
- 0.5 Proses benda kerja

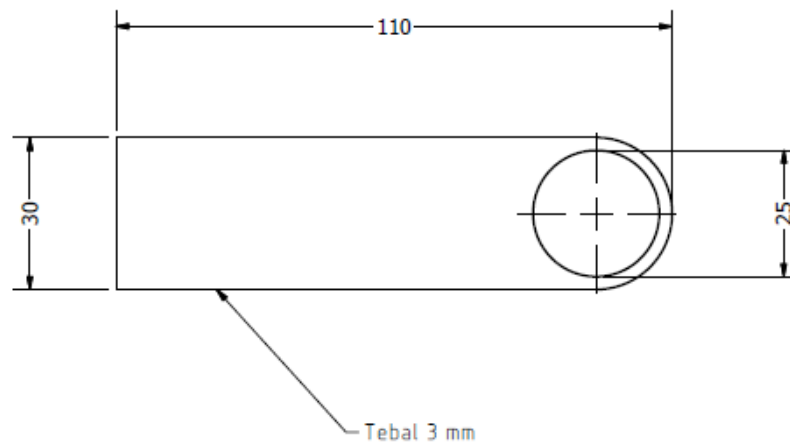
Proses pemotongan plat baja

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin gerinda potong
- 1.04 Cekam benda kerja dengan posisi horizontal
- 1.05 Proses pemotongan untuk bagian input kerangka mesin sepanjang 333 lebar 194 mm
- 1.10 Proses pembuatan kemiringan R 185 dan tinggi 110 mm

Proses pembuatan pelat baja menggunakan mesin las

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin las dengan ukuran api 80-90 ampere
- 1.05 Proses pengelasan pembuatan bagian samping
- 1.10 Proses pengelasan pembuatan bagian dalam

7. Proses pembuatan sekat dalam



Gambar 4.8 Sekat Dalam

- 0.1 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 0.2 Setting mesin
- 0.3 Marking out
- 0.4 Cekam benda kerja
- 0.5 Proses benda kerja

Proses pemotongan plat baja

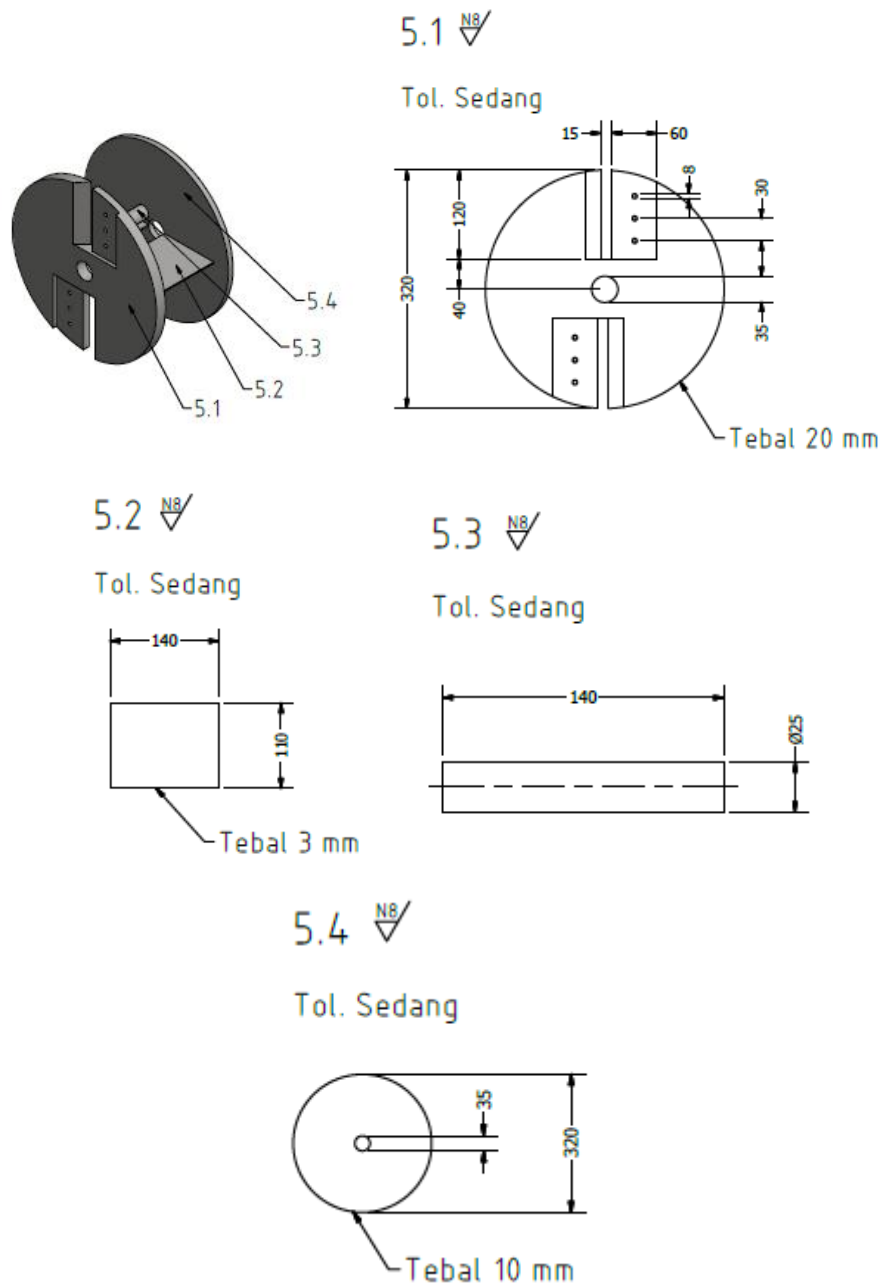
- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin gerinda potong
- 1.04 Cekam benda kerja dengan posisi horizontal
- 1.05 Proses pemotongan untuk bagian kerangka dalam mesin sepanjang 110 lebar 30 mm

Proses di mesin milling

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja

- 1.02 Setting mesin, gunakan *cutter shell end mill* mata bor $\text{Ø}25$ mm
- 1.04 Cekam benda kerja dengan posisi horizontal
- 1.10 Proses pengeboran lubang pertama menggunakan *cutter shell end mill* $\text{Ø}25$ mm

8. Proses pembuatan dudukan pisau



Gambar 4.9 Dudukan Pisau

- 0.1 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 0.2 Setting mesin
- 0.3 Marking out
- 0.4 Cekam benda kerja
- 0.5 Proses benda kerja

Proses di mesin bubut

- 1.01 Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 1.02 Setting mesin, gunakan mesin bubut
- 1.04 Cekam benda kerja
- 1.05 Proses pembubutan *facing*
- 1.10 Proses pembubutan benda kerja sampai diameter 120 cm dengan tebal 30 cm
- 2.02 Setting mesin, gunakan mata bor diameter Ø35 mm pada *tail stock* mesin bubut
- 2.05 Proses pembuatan lubang dengan mata bor dengan diameter Ø35cm pada titik tengah benda kerja

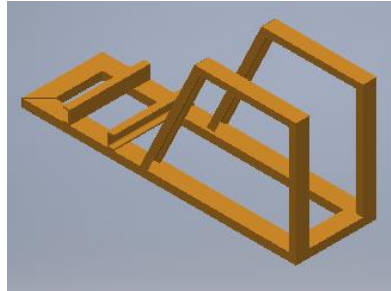
Proses di mesin bor

- 1.02 Setting mesin, gunakan mata bor diameter Ø8 mm
- 1.05 Proses pembuatan lubang bagian kiri dan kanan diameter Ø8 mm
- 2.02 Setting mesin, diameter Ø8 mm sebanyak 3 lubang

4.3.3 Perakitan

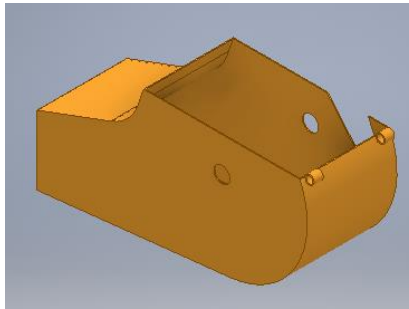
Pada tahap ini komponen- komponen mesin yang telah dibuat dirakit sesuai dengan gambar kerja yang sudah ada :

1. Tahap pertama, menyiapkan rangka mesin yang sudah di buat terlebih dahulu



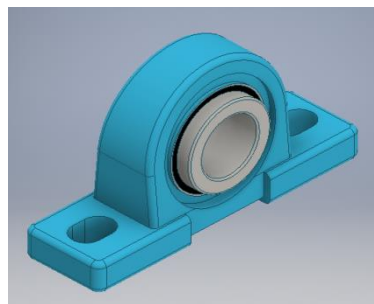
Gambar 4.10 Rangka Mesin

2. Tahap kedua, memasang cover bagian bawah dengan cara meletakkannya di atas rangka mesin dan mengaitkan engsel yang berada di belakang rangka



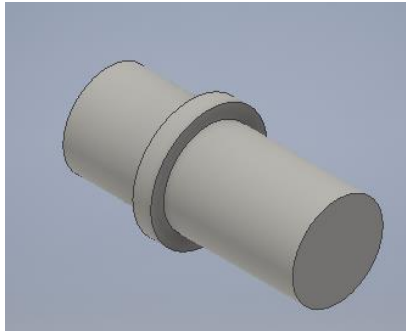
Gambar 4.11 Cover Bawah

3. Tahap ketiga, pasang *pillow blok* yang sudah digabungkan dengan *bearing* yang pertama dibagian sebelah kiri permukaan rangka mesin, lalu pasangkan elemen pengikat berupa baut dan mur



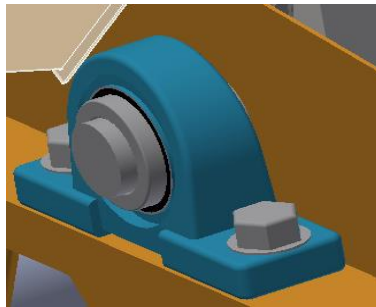
Gambar 4.12 *Pillow Blok*

4. Tahap keempat, pemasangan poros dengan cara menggabungkan dengan *pillow blok* yang sudah dipasang di bagian kiri permukaan rangka



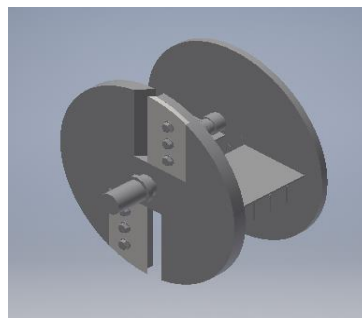
Gambar 4.13 Poros Utama

5. Tahap kelima, pasang *pillow blok* yang sudah di gabungkan dengan *bearing* yang kedua dengan poros utama, lalu pasang *pillow blok* di bagian sebelah kanan permukaan rangka kemudian gunakan elemen pengikat berupa baut dan mur



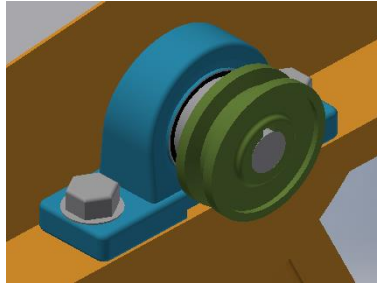
Gambar 4.14 *Assembly Pillow Blok* dan Poros Utama

6. Tahap keenam, pemasangan mata potong dengan cara memasangnya di dudukan mata potong pada poros utama dan diberi elemen pengikat berupa baut dan mur



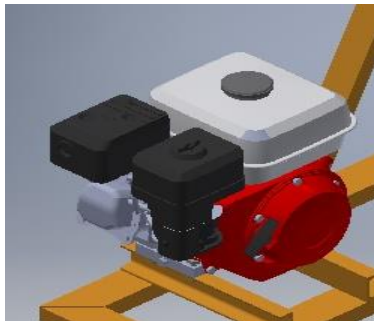
Gambar 4.15 Pemasangan Mata Potong Dengan Dudukan Mata Potong Pada Poros Utama

7. Tahap ketujuh pemasangan *pulley* pada poros bagian sebelah kanan



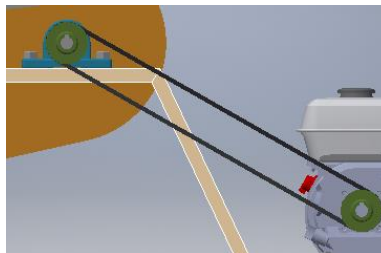
Gambar 4.16 Pemasangan *Pulley* Pada Poros Utama

8. Tahap ke delapan pemasangan motor bakar pada kerangka dudukan mesin



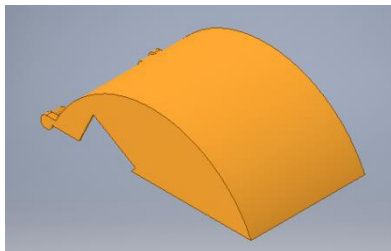
Gambar 4.17 Pemasangan *Pulley* Pada Motor Bakar

9. Tahap ke sembilan, pemasangan *pulley* pada motor bakar lalu pemasangan *v-belt* pada *pulley* motor dan *pulley* poros utama



Gambar 4.18 Pemasangan Motor Bakar Pada Dudukan Mesin

10. Tahap ke sepuluh, pemasangan cover atas dengan cara mengaitkannya pada engsel di bagian samping kerangka



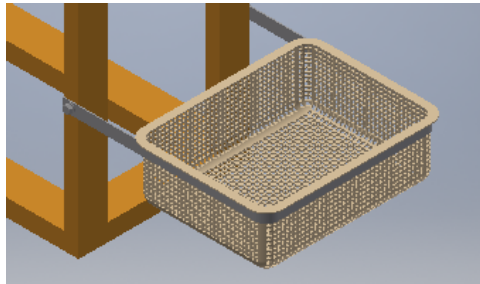
Gambar 4.19 Pemasangan Cover Atas

11. Tahap ke sebelas, pemasangan hopper pada cover



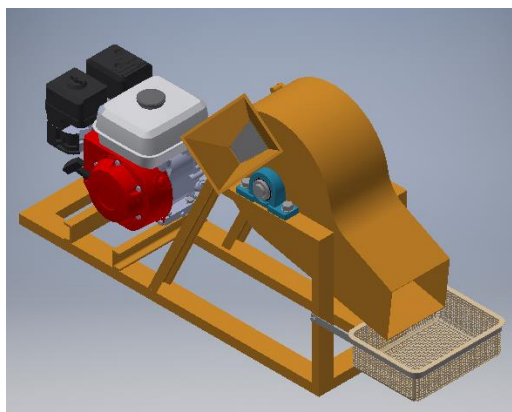
Gambar 4.20 Pemasangan Hopper

12. Tahap ke duabelas, pemasangan saringan pemisah antara serbuk kasar dan serbuk halus pada rangka



Gambar 4.21 Pemasangan Saringan

Setelah melakukan proses perakitan komponen mesin, terbentuklah sebuah mesin pencacah kayu dengan kapasitas motor bakar 7 Pk dengan meningkatkan kapasitas dari mesin sebelumnya sebanyak 20%.



Gambar 4.22 Mesin Pencacah Kayu

4.3.4 Perawatan

Perawatan adalah suatu kombinasi dari semua tindakan yang dilakukan dalam rangka 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. Adapun jenis perawatan yang dilakukan untuk menjaga kondisi mesin pencacah kayu. Berikut adalah daftar komponen dan jadwal perawatan simulasi dan rancangan mesin pencacah kayu ditunjuk pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Daftar Komponen dan Jadwal Perawatan

No	Komponen	Jadwal Perawatan
1	Mata potong	Mingguan
2	Pillow block	Mingguan dan bulanan
3	Motor bakar	Mingguan dan bulanan
4	Pulley dan belt	Mingguan dan bulanan

Perawatan mandiri dilakukan untuk membersihkan dan memeriksa kondisi komponen mesin pencacah kayu. Adapun tabel 4.13 perawatan mandiri untuk mesin pencacah kayu.

Tabel 4.11 Perawatan Harian Mesin Pencacah Kayu

No	Komponen	Kriteria	Metode	Alat	Waktu	Interval
1	Rangka	Bersih dari debu dan oli	Dibersihkan	Majun dan kuas	1'	Setiap hari sesudah selesai bekerja
2	<i>Cover input</i>	Bersih dari debu	Dibersihkan	Kuas	1'	Setiap hari sesudah selesai bekerja
3	<i>Cover output</i>	Bersih dari debu	Dibersihkan	Majun dan kuas	1'	Setiap hari sebelum dan sesudah selesai bekerja
4	Pisau potong	Bersih dari hasil cacahan	Dibersihkan	Majun	1'	Setiap hari sebelum dan

						sesudah selesai bekerja
5	Filter	Bersih dari hasil cacahan	Dibersihkan	Majun	1'	Setiap hari sesudah selesai bekerja
6	Motor bakar	Terisi / Solar	Dituang	Corong	1'	Setiap hari sebelumbe kerja

Tabel 4.12 Perawatan Mesin Mingguan Pencacah kayu

No	Komponen	Kriteria	Metode	Alat	Waktu	Interval
1	Poros dudukan pisau potong	Bersih dari debu dan hasil cacahan	Dibersihkan	Majun dan kuas	3'	Setiap satu minggu sekali sesudah bekerja
2	<i>Pulley</i>	Bersih dari debu dan oli	Dibersihkan	Majun dan kuas	2'	Setiap satu minggu sekali
3	Motor bakar	Bersih dari debu dan oli	Dibersihkan	Majun	3'	Setiap satu minggu sekali

Tabel 4.13 Perawatan Mesin Bulanan Pencacah kayu

No	Komponen	Kriteria	Metode	Alat	Waktu	Interval
1	Poros dudukan pisau potong	Terlumasi / Oli	Dilumasi	Kuas	2'	1 Bulan sekali
2	Oli Motor	Terisi/ Oli SAE 10W-30	Dituang	Corong	2'	1 Bulan sekali
3	<i>Pillow Block</i>	Terlumasi / Oli	Dilumasi	Oil gun / Kuas	2'	1 Bulan sekali

4.4 Penyelesaian

Rancangan yang telah dibuat kemudian dibuat gambar susunan dan gambar bagian (terlampir). Selain itu juga dibuat simulasi pergerakan menggunakan *software* Inventor dan diharapkan dapat memberikan gambaran fungsi mesin pencacah kayu.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan tujuan dan pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Terwujudnya rancangan mesin pencacah kayu menjadi serbuk yang akan digunakan sebagai alas ayam dengan meningkatkan kapasitas mesin sebelumnya sebanyak 20%.
2. Terwujudnya simulasi pergerakan mesin dengan sempurna atau pergerakan mesin tidak patah-patah.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan

1. Dalam perencanaan konstruksi harus dipertimbangkan dengan baik, dengan acuan *spare part* mesin yang akan dipasang atau digunakan. Layout konstruksi harus sesuai dengan komponen yang akan digunakan
2. Alat ini masih dapat dimodifikasi menjadi lebih baik dari sebelumnya dengan perbaikan maupun penambahan dari sistem yang telah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisalbani. (2016). Metode Perancangan VDI 2222. (Online), (<https://arisalbani.wordpress.com/2016/09/05/metode-perancangan-vdi-2222/>, diakses Mei 2020)
- Kelton.W.D,Sadowski.R.P dan Sadowski.D.A. (2003) *Simulation with Arena* s.l.:McGraw-Hill.
- M. Ferdiman S., d. (2018). Rancang Bangun Ala Uji Balancing Universal Menggunakan Metode VDI 2222.
- Nuha D.A., d. (2018). Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Tipe Gunting. *Bandung* .
- Nur, I. (2014). Pengembangan Mesin Pencacah Sampah/Limbah Plastik dengan Sistem Crusher dan Silinder Pemotong Tipe Reel. *Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta* .
- Sularso & Suga, K., (2004). Fase-Fase Dalam Perancangan. *Dasar Perancangan dan Pemeliharaan Elemen Mesin*. Jakarta : Pradnya Paramita,, pp. 5-7.
- Sularso & Suga, K., (1979). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. s.l.:Pradnya Paramita.
- Yuliar Y.E, Heri S., (2013). *Perancangan Mesin Pengolah Air Bersih Bergerak Dengan Menggunakan Metode VDI 2222I*, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Bandung