

**RANCANG BANGUN SISTEM MOBILISASI PADA MESIN
PENGUPAS KOPI (*PULPER*) *MOBILE***

MUH. RINALDI

G042211003



**PROGRAM MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**RANCANG BANGUN SISTEM MOBILISASI PADA MESIN
PENGUPAS KOPI (*PULPER*) *MOBILE***

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Keteknikan Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

MUH. RINALDI

G042211003

kepada

**PROGRAM MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

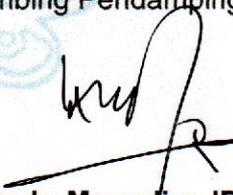
TESIS**RANCANG BANGUN SISTEM MOBILISASI PADA MESIN
PENGUPAS KOPI (PULPER) MOBILE****MUH. RINALDI
NIM: G042211003**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Keteknikan Pertanian Fakultas
Pertanian Universitas Hasanuddin
pada tanggal 17 Mei 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

**Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si., IPM.**
NIP: 19781225 200212 1 001**Prof. Dr. Ir. Mursajim, IPU. ASEAN Eng.**
NIP: 19610510 198702 1 001Ketua Program Studi
Magister Keteknikan PertanianDekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin**Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP.**
NIP: 19681007 199303 2 002**Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc.**
NIP: 19631231 198811 1 005

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Rancang Bangun Sistem Mobilisasi pada Mesin Pengupas Kopi (*Pulper*) *Mobile*" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si., IPM. dan Prof. Dr. Ir. Mursalim, IPU., ASEAN Eng. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan pada Prosiding *Unhas International Conference On Agricultural Technology* sebagai artikel dengan judul "*Design of Mobile Sistem for Pulper Machine*".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 17 Mei 2023



Muh. Rinaldi

NIM: G042211003

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan hikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini sebagai syarat memperoleh gelar magister pada Program Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Tesis ini dapat terselesaikan berkat adanya bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak serta doa. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ayahanda **Abdul Azis**, Ibunda **Wahida**, dan Adinda **Muh. Alfarabi** serta **Ainun Zalsabilah** atas kasih sayang, kepedulian dan perhatian yang selama ini penulis peroleh dari mereka sehingga menjadi motivasi dan semangat dalam pelaksanaan penelitian hingga pada penulisan tesis ini.
2. **Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si., IPM.** selaku ketua komisi pembimbing atas bimbingan, arahan dan motivasi yang telah dicurahkan selama penulis menjalani perkuliahan dan penelitian di Program Magister Keteknikan Pertanian, bahkan beliau juga merupakan pembimbing penulis saat menjalani Program Sarjana. Penulis berharap, arahan dan bimbingannya tetap tercurahkan kepada penulis walaupun tesis ini telah selesai.
3. **Prof. Dr. Ir. Mursalim, IPU., ASEAN Eng.** selaku anggota pembimbing atas arahan dan bimbingan selama penulis menjalani perkuliahan, pelaksanaan penelitian hingga penulis menyelesaikan penyusunan tesis. Beliau juga termasuk salah satu dosen favorit dan menjadi panutan bagi sebagian besar mahasiswa, termasuk penulis.
4. **Dr. Abdul Azis, S.TP., M.Si.** selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk penyempurnaan tesis ini. Beliau juga merupakan pembimbing Penulis pada program Sarjana dan telah banyak menuangkan ide serta pikiran sehingga penelitian ini terselesaikan.
5. **Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP.** selaku dosen penguji dan juga sebagai Ketua Program Studi Magister Keteknikan Pertanian yang tiada hentinya memberikan motivasi, dukungan, kritik dan saran saat penulis menjalani program magister hingga terselesaikannya penelitian ini.
6. **Diyah Yumeina R.Datu, S.TP., M.Agr., Ph.D.** atas kritik dan sarannya sebagai penguji hingga penulis menyelesaikan penulisan tesis ini. Beliau juga

tak henti-hentinya mengingatkan dan memberi motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini dengan secepat dan sebaik mungkin.

7. Staf Pengajar dan Administrasi program magister Fakultas Pertanian atas ilmu dan kesabaran dalam membimbing dan meluangkan waktu untuk keperluan penulis.
8. Keluarga **Rektor** dan segenap warga **HIMATEPA-UH, Kak Tono, Kak Suci, Mentari, Klo, Burhan, Muyen, Imam, Ucu Arif, Codot, Kaka** dan lainnya yang telah memberikan bantuan berupa tenaga dan ide mulai dari penyusunan proposal penelitian, pelaksanaan penelitian hingga selesai.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan mereka. Harapan penulis, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan menjadi referensi untuk penelitian serupa selanjutnya.

Muh. Rinaldi

ABSTRAK

MUH. RINALDI (G411 16 307). “*Rancang Bangun Sistem Mobilisasi pada Mesin Pengupas Kopi (Pulper) Mobile*” dibimbing oleh IQBAL dan MURSALIM

Tanaman kopi menjadi sumber penghasilan bagi setidaknya lebih dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia. Karena itu, diperlukan penanganan pasca panen kopi yang tepat. Terdapat beberapa mesin pengupas kopi yang umumnya digunakan oleh petani, namun terdapat beberapa kekurangan pada mesin pengupas tersebut. Misalnya mesin *pulper* dengan konstruksi yang besar tidak memungkinkan untuk melakukan pengupasan pada areal pemanenan kopi. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sebuah mesin pengupas kopi dengan mobilitas dan pengoperasian yang mudah seperti mesin *pulper mobile*. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sebuah perwarupa atau prototipe mesin pengupas kopi basah (*pulper*) *mobile* yang dapat diaplikasikan langsung pada lahan perkebunan kopi. Metode penelitian yang digunakan dimulai dari analisis rancangan. Selanjutnya data yang diperoleh dari analisis rancangan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan purwarupa mesin *pulper mobile*. Metode pengujian yang digunakan didasarkan atas uji fungsional dan struktural. Selain pengujian untuk pengupasan, juga dilakukan pengujian mobilitas *pulper mobile* untuk melihat kelayakan mobilisasi mesin. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa mesin pengupas kopi dapat dipasang pada rangka sepeda motor yang telah dimodifikasi. Silinder pengupas diputar oleh tenaga dari mesin dan menggunakan *shaft extender* sebagai poros tambahan dari mesin. Sistem transmisi yang digunakan adalah *pulley and belt* dengan rasio *pulley* mesin dan silinder pengupas yaitu 1:4. Putaran mesin pada posisi *idle* yaitu 1289 rpm yang menghasilkan putaran silinder pengupas sebesar 279 rpm pada pengujian tanpa bahan dan 204 rpm pada pengujian dengan bahan. *Hopper* yang digunakan adalah *hopper* bawaan dengan volume 0,028 m³ atau 15 kg buah kopi untuk sekali pengisian. Dari hasil penelitian, disimpulkan bahwa mesin *pulper mobile* dapat digunakan untuk melakukan pengupasan di areal pemanenan kopi. Untuk meningkatkan kinerja dari mesin *pulper mobile*, perlu dilakukan modifikasi pada beberapa bagian dari mesin pengupas ini.

Kata Kunci: Kopi, pengupasan kopi, *pulper*, *mobile*.

ABSTRACT

MUH. RINALDI (G411 16 307). "*Design of Mobilization System on Mobile Pulper Machine*" supervised by IQBAL and Mursalim

Coffee is the main income for at least more than 1.5 million coffee farmers in Indonesia. Therefore, proper postharvest handling of coffee is required. There are many pulper machines used by farmers, but there are some drawbacks in the peeler machine. For example, a conventional coffee peeler machine has a large construction which made it impossible to peel coffee in the field. To overcome this problem, a good mobility and easy operational coffee peeler is needed. The purpose of this research was to design and build a prototype of mobile pulper machine that can be used in the field of coffee plantations. The research methods start with design analysis. Then, the data obtained from design analysis were used as a basic data to develop a prototype of mobile pulper machine. Testing methods for this machine are based on functional and structural tests. In addition, a mobile pulper mobility test was also carried out to see the feasibility of machine mobilization. The results of this research showed that the pulper machine could be mounted on a modified motorcycle frame. Peeling cylinder of pulper machine was rotated by the power of the engine and a shaft extender was connected to the crankshaft of the engine. Pulley and belt transmission were used on mobile pulper with 1:4 pulley's ratio of the engine and the peeler cylinder. The engine speed in idle position was 1289 rpm that produced 279 rpm of speed of peeling cylinder in the test without coffee bean and 204 rpm of speed in the test with coffee bean. A default hopper was used on mobile pulper machine with 0.028 m³ of volume or can loads 15 kg coffee cherries for once filling. The results of this research showed that the mobile pulper machine could be used to peel coffee beans in the harvesting area. To improve the performance of the mobile pulper machine, some parts of this machine need to be modified.

Keywords: *Coffee, coffee peeling, pulper, mobile.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN, ISTILAH DAN LAMBANG	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan.....	4
1.3. Rumusan Masalah.....	4
1.4. Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tanaman Kopi	5
2.2. Penanganan Panen Kopi	8
2.3. Penanganan Pascapanen Kopi.....	9
2.3.1 Proses Basah.....	10
2.3.2 Proses Semi Basah.....	11
2.3.3 Proses Kering.....	11
2.4. Rancangan Fungsional	19
2.5. Rancangan Struktural	19
2.6. CAD, CAM, CAE	20
2.7. SolidWorks.....	21
2.8. <i>Hopper, Metering Device, Angle of repose</i>	21
2.9. Poros, Daya Rencana, Transmisi	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Tempat dan Waktu	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.3. Prosedur Penelitian.....	25

3.3.1. Konsep Rancangan.....	25
3.3.2. Analisis Rancangan.....	26
3.3.3. Rancangan Fungsional	28
3.3.4. Rancangan Struktural.....	29
3.3.5. Metode Pengujian	30
3.4. Bagan Alir	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Desain 3D dan <i>Prototype</i>	33
4.2. Rancangan Fungsional	34
4.2.1 Unit Penggerak.....	35
4.2.2 Unit Transmisi	36
4.2.3 Unit Pengupas.....	36
4.3. Rancangan Struktural	37
4.3.1 Unit Penggerak.....	37
4.3.2 Unit Transmisi	40
4.3.3 Unit Pengupas.....	42
4.5. Hasil Pengujian	46
BAB V PENUTUP	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

No.	Nama Gambar	Hal.
1	Perkembangan luas areal perkebunan kopi di Indonesia	6
2	Produksi kopi di Indonesia tahun 2019-2020	6
3	Buah kopi	7
4	Penampang potongan buah kopi	7
5	Pemetikan kopi	8
6	Proses rambang	13
7	Pengupasan kopi metode <i>pulping</i>	14
8	<i>Pulper</i> konvensional dengan enjin	14
9	Proses fermentasi biji kopi	16
10	Penjemuran biji kopi	17
11	Pengupasan kulit tanduk (<i>Hulling</i>)	18
12	Sketsa transmisi <i>pulley and belt</i>	24
13	Diagram pemilihan sabuk V	24
14	Desain awal Mesin Pengupas Kopi <i>Mobile</i>	26
15	Bagan Alir Penelitian	32
16	Sketsa <i>wireframe part</i>	33
17	Desain mesin <i>pulper mobile</i>	34
18	Sketsa prototype mesin <i>pulper mobile</i>	34
19	Bagan fungsional perancangan <i>pulper mobile</i>	35
20	Unit sepeda motor Astrea Grand sebelum dimodifikasi	37
21	Unit penggerak mesin <i>pulper mobile</i>	38
22	Rangka sepeda motor Astrea Grand sebelum dimodifikasi	39
23	Rangka setelah dimodifikasi	39

24	<i>Shaft extender</i>	40
25	Pemasangan <i>shaft extender</i> pada <i>cover flywheel</i>	41
26	Sistem transmisi mesin <i>pulper kopi mobile</i>	41
27	Unit pengupas beserta bagian-bagiannya	42
28	<i>Hopper</i>	43
29	Silinder pengupas	44
30	<i>Metering device</i>	44
31	Saluran keluaran biji (kiri) dan kulit (kanan)	45
32	Mesin <i>pulper mobile</i>	45
33	Biji dan kulit kopi hasil pengupasan (tanpa sortir)	46
34	Pengujian operasional <i>pulper mobile</i> dengan bahan	47
35	Hasil <i>rendering</i> mesin <i>pulper mobile</i>	66
36	Hasil <i>rendering</i> unit penggerak <i>pulper mobile</i>	66
37	Hasil <i>rendering</i> unit pengupas	67
38	Hasil <i>rendering</i> unit transmisi	67
39	Hasil <i>rendering shaft extender</i>	68
40	Hasil <i>rendering</i> rangka modifikasi	68
41	Penyesuaian rangka dengan unit pengupas	69
42	Pengerjaan rangka	69
43	Finishing rangka	70
44	Pengecatan rangka	70
45	Pemasangan <i>shaft extender</i>	71
46	Pengisian <i>hopper</i>	71
47	<i>Hopper</i> dengan sekali pengisian buah kopi	72
48	Penimbangan sampel buah kopi	72
49	Pengujian pengupasan kulit kopi.	73

50	Pengukuran kecepatan putaran poros dengan <i>tachometer</i> .	73
51	Biji kopi hasil pengujian pengupasan.	74
52	Kulit kopi hasil pengujian pengupasan.	74
53	Pengujian mobilitas <i>pulper</i> pada jalan berkerikil.	75
54	Pengujian mobilitas <i>pulper</i> pada jalan beraspal.	75
55	Mesin pengupas kopi (<i>pulper</i>) <i>mobile</i> tampak samping	76
56	Mesin pengupas kopi (<i>pulper</i>) <i>mobile</i> tampak depan dan belakang.	76

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Lampiran	Hal.
1.	Analisis rancangan	53
2.	Drawing view	57
3.	Hasil <i>rendering</i> desain	66
4.	Dokumentasi penelitian	69
5.	Daftar riwayat hidup	77

DAFTAR SINGKATAN, ISTILAH DAN LAMBANG

Singkatan, Istilah dan Lambang	Arti dan Penjelasan
PBN	Perkebunan Besar Negara
PBS	Perkebunan Besar Swasta
PR	Perkebunan Rakyat
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>
V	Volume
m	massa
ρ	Massa jenis
h	Tinggi
A	Luas
p	panjang
n	Jumlah/banyaknya subjek
T	Torsi
P	Daya
Pd	Daya rencana
Fc	Faktor koreksi
<i>Knockdown</i>	Bongkar pasang/lepas pasang
<i>Wireframe</i>	Kerangka berantai
3D	3 Dimensi
2D	2 Dimensi
<i>Ground clearance</i>	Titik terendah suatu objek dari permukaan tanah
Ortogonal	Arah pandang tegak lurus terhadap suatu objek

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman kopi menjadi sumber penghasilan bagi setidaknya lebih dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia. Dilansir dari data yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan dalam buku Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022 (2022), luas areal perkebunan kopi di Indonesia terus meningkat dalam 5 tahun terakhir setelah mengalami penurunan pada tahun 2019. Pada tahun 2022, luas areal perkebunan kopi mencapai 1.262.590 ha.

Dalam 5 tahun terakhir, perkembangan kopi untuk luas areal perkebunan dan produktivitas relatif fluktuatif. Pada tahun 2018, luas areal perkebunan kopi di Indonesia mencapai 1.252.825 ha dan pada tahun 2019 mengalami penurunan sebesar 7.467 ha menjadi 1.245.358 ha. Setelah mengalami penurunan pada tahun 2019, pada tahun 2020 kembali meningkat yaitu 1.250.452 ha dan terus meningkat pada tahun 2021 dan 2022 dengan luasan masing-masing yaitu 1.258.979 ha dan 1.262.590 ha (Ditjenbun, 2022).

Luas areal perkebunan kopi di Indonesia tentunya berbanding lurus dengan produksi kopi setiap tahunnya. Produksi kopi pada tahun 2018 yaitu 756.051 ton dan menurun pada tahun berikutnya menjadi 752.511 ton. Pada tahun 2020 hingga 2022, produksi kopi di Indonesia kembali mengalami peningkatan yang cukup signifikan setiap tahunnya yaitu 762.380 ton pada tahun 2020, 774.689 ton pada tahun 2021 dan 793.193 ton pada tahun 2022. Beda halnya dengan produktivitas kopi untuk setiap hektar yang terus mengalami peningkatan terhitung sejak 2018 hingga 2022 meskipun luas areal dan produksi total mengalami penurunan pada tahun 2019. Produktivitas kopi pada tahun 2018 yaitu 799 Kg/ha, 803 Kg/ha pada tahun 2019, 811 kg/ha pada tahun 2020, 817 kg/ha pada tahun 2021 dan pada tahun 2022 yaitu 832 kg/ha (Ditjenbun, 2022).

Areal perkebunan dan produksi kopi di Indonesia didominasi oleh Perkebunan Rakyat (PR) setiap tahunnya. Pada tahun 2021, kontribusi Perkebunan Rakyat yaitu 98,14% dan Perkebunan Besar (PB) yaitu 1,86% termasuk Perkebunan Besar Negara (PBN) dan Perkebunan Besar Swasta (PBS). Pulau Sumatera tercatat sebagai penghasil kopi terbesar di Indonesia. Provinsi Sumatera Selatan merupakan daerah dengan luas areal terbesar yaitu 267.784 ha dengan produksi kopi 211.681 ton pada tahun 2021. Provinsi Sulawesi Selatan menduduki urutan

ke-8 dengan total luas areal perkebunan kopi yaitu 77.591 ha yang terdiri dari 1.365 ha Perkebunan Besar dan 76.226 ha Perkebunan Rakyat dengan total produksi kopi 34.242 ton pada tahun 2021 (BPS, 2022).

Kualitas kopi sangat dipengaruhi oleh penanganan panen dan pasca panen yang dilakukan. Pemanenan hendaknya dilakukan dengan metode panen selektif yaitu memetik buah dalam kondisi matang sempurna dengan ciri fisik buah kopi yang lunak dan berlendir serta berwarna merah. Penanganan pasca panen dibedakan menjadi 3 metode yaitu Metode Basah, Semi Basah dan Metode Kering dimana ketiga metode tersebut sebaiknya diawali dengan sortasi buah. Ketiga metode penanganan pasca panen tersebut pada dasarnya dibedakan oleh kuantitas air yang digunakan. Proses basah menggunakan air yang relatif banyak karena diperlukan untuk merendam biji kopi setelah pengupasan selama 12-48 jam, sedangkan pada proses semi basah, air hanya digunakan untuk mencuci biji kopi. Pada metode kering, air hanya digunakan pada saat sortasi dengan metode rambang (Reta dkk., 2021).

Penanganan pascapanen kopi tidak terlepas dari pemisahan kulit dengan biji kopi, namun pengupasan kopi pada metode basah dan semi basah dilakukan setelah proses sortasi, sedangkan pada metode kering dilakukan setelah proses penjemuran. Terdapat beberapa jenis mesin pengupas kopi yang umumnya digunakan, diantaranya yaitu mesin pengupas kopi kering (*Huller*) dan mesin pengupas kopi basah (*Pulper*). Saat ini, mesin pengupas kopi basah tersedia dalam beberapa model jika diklasifikasikan berdasarkan sumber daya yang digunakan, diantaranya yaitu mesin pengupas kopi basah semi mekanis dengan sumber daya tenaga manusia dan mesin pengupas kopi konvensional dengan sumber daya motor bakar dan motor listrik (Permentan, 2012).

Proses pengupasan kopi yang dilakukan oleh petani kopi masih menggunakan mesin pengupas semi mekanis. Proses pengupasan ini dinilai kurang efisien dari segi tenaga karena menggunakan tenaga manusia sebagai sumber daya putar. Dampaknya, waktu dan tenaga banyak terbuang untuk pengupasan kopi. Masalah-masalah tersebut menyebabkan pendapatan yang diperoleh petani menjadi berkurang (BPPP, 2010).

Selain mesin pengupas kopi semi mekanis, terdapat pula mesin pengupas kopi dengan mesin, namun mesin tersebut dinilai tidak efektif untuk melakukan pengupasan kulit kopi pada areal pemanenan dikarenakan konstruksi yang besar sehingga menyulitkan proses mobilisasi. Mesin pengupas kopi semi mekanis

memiliki konstruksi yang kecil namun memerlukan waktu dan tenaga yang lebih banyak dalam pengupasan kopi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurudin (2014), mesin pengupas kopi dengan penggerak berupa tenaga manusia menghasilkan hanya sekitar 1-2 kg biji kopi/jam, sedangkan mesin pengupas kulit kopi konvensional dengan penggerak mesin diesel 16 PK memiliki kapasitas kerja 16,5 kg biji kopi/menit dan ditempatkan pada lokasi khusus, sehingga perlu dilakukan pengangkutan buah kopi yang telah dipanen atau disortir ke lokasi pengupasan.

Berdasarkan survey dan penelitian pendahuluan yang telah dilakukan, diperoleh beberapa permasalahan yang diutarakan dan dialami oleh petani kopi di Kabupaten Bulukumba dan Kabupaten Bantaeng. Permasalahan yang menjadi dasar penelitian ini terkait proses pengupasan kulit kopi. Selama ini proses pengupasan kopi yang dilakukan menggunakan mesin pengupas kopi semi mekanis dan mesin pengupas konvensional dengan enjin. Permasalahan saat menggunakan mesin pengupas semi mekanis adalah rendahnya kapasitas kerja dari mesin dalam suatu satuan waktu, sedangkan mesin pengupas konvensional dengan enjin memiliki konstruksi yang besar dan bersifat statis, sehingga petani perlu melakukan pengangkutan buah kopi hasil panen ke lokasi pengupasan.

Setelah melakukan pemanenan, petani seringkali menunda penanganan pasca panen terhadap kopi yang telah dipanen. Hal ini disebabkan oleh penggunaan mesin *pulper* semi mekanis dengan kapasitas kerja yang tidak sebanding dengan kuantitas hasil panen dan mesin. Buah yang telah masak harus segera dipanen dan dilakukan penanganan pasca panen, mengingat bahwa penundaan panen dan penanganan pasca panen menyebabkan penurunan mutu biji kopi secara nyata (permentan 2014).

Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sebuah mesin pengupas kopi dengan mobilitas dan pengoperasian yang mudah. Untuk mewujudkan hal tersebut, diperlukan sebuah mesin pengupas kopi (*pulper*) *mobile* sehingga pengupasan kopi dapat dilakukan langsung pada areal pemanenan kopi. *Pulper mobile* diharapkan dapat digunakan langsung pada areal pemanenan kopi. Pengupasan kopi pada areal pemanenan kopi dapat mengefisienkan waktu dan tenaga dalam penanganan pasca panen. Mengingat bahwa sekitar 60% berat dari buah kopi terdapat pada *pulp* kopi tersebut. Mobilisasi hasil panen kopi menjadi lebih mudah karena *pulp* kopi dapat disebar langsung dan menjadi bahan organik bagi tanaman kopi.

1.2. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sebuah perwarupa/prototipe mesin pengupas kopi basah (*pulper mobile*) yang dapat diaplikasikan langsung pada lahan perkebunan kopi. Kegunaan dari penelitian ini yaitu menghasilkan solusi praktis bagi permasalahan yang sering dialami oleh petani kopi dalam pengolahan pasca panen kopi. Permasalahan tersebut adalah sulitnya mobilisasi hasil panen dari areal pemanenan ke lokasi pengupasan.

1.3. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, terdapat beberapa hal yang menjadi rumusan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana mekanisme kerja dari mesin *pulper mobile*?
2. Bagaimana sistem transmisi yang digunakan pada mesin *pulper mobile*?
3. Bagaimana spesifikasi dari mesin *pulper mobile*?

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Enjin yang digunakan adalah enjin sepeda motor Honda Astrea Grand
2. Rangka yang digunakan adalah rangka bawaan Honda Astrea Grand yang telah dimodifikasi menjadi sepeda motor angkut hasil pertanian (gabah).
3. Unit pengupas yang digunakan adalah unit pengupas yang tersedia di pasaran yaitu RICHI K-15 buatan China.

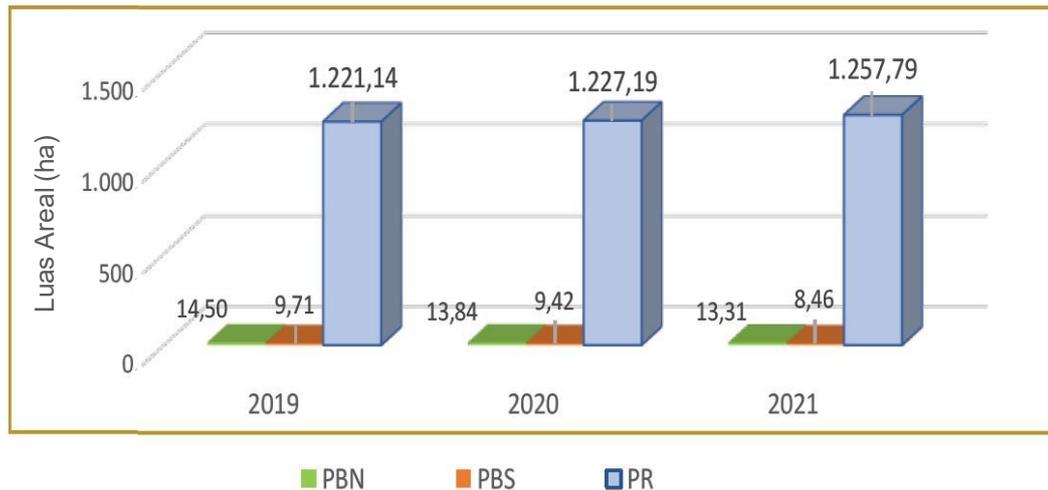
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Kopi

Indonesia merupakan negara produsen Kopi terbesar ke empat di dunia setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia dengan luas areal perkebunan pada tahun 2022 mencapai 1.262.590 Ha dengan produksi biji kopi 793.193 Ton. Perkebunan Kopi di Indonesia masih didominasi oleh Perkebunan Rakyat dengan luas areal yaitu 98,14% dari total luas areal perkebunan kopi dan selebihnya yaitu Perkebunan Besar Negara dan Swasta (Ditjenbun, 2022).

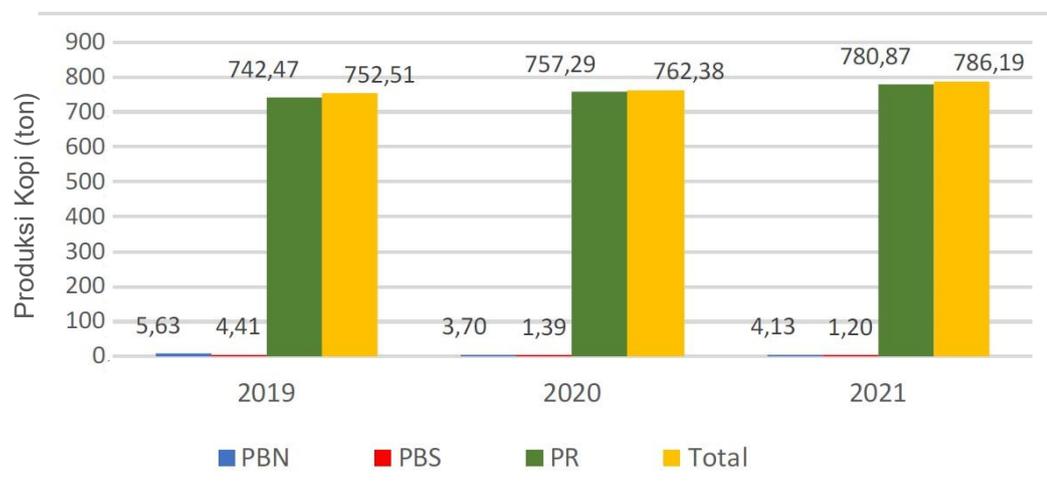
Perusahaan Perkebunan sendiri merupakan pelaku usaha perkebunan warga negara Indonesia atau badan hukum yang didirikan menurut hukum Indonesia dan berkedudukan di Indonesia yang mengelola usaha perkebunan dengan skala tertentu. Perusahaan perkebunan kemudian dibedakan berdasarkan pelaku usaha yang menjalankan unit usaha perkebunan menjadi Perkebunan Rakyat (PR) dan Perkebunan Besar. Perkebunan Rakyat (PR) adalah perkebunan yang diselenggarakan atau dikelola oleh rakyat atau pekebun yang dikelompokkan dalam usaha kecil tanaman perkebunan rakyat dan usaha rumahtangga perkebunan rakyat dan tidak memiliki serta tidak terikat badan hukum tertentu. Sedangkan Perkebunan Besar adalah perkebunan yang diselenggarakan atau dikelola secara komersial oleh perusahaan yang berbadan hukum. Perkebunan besar terdiri atas Perkebunan Besar Negara (PBN) yang dikelola oleh BUMN atau unit usaha milik negara lainnya dan Perkebunan Besar Swasta (PBS) yang dimiliki oleh perusahaan dalam negeri ataupun luar negeri (BPS, 2022)

Luas lahan Perkebunan Rakyat di Indonesia mengalami peningkatan, dimana pada tahun 2020 meningkat sebesar 6.050 Ha atau sebesar 0,49% dan tahun 2021 juga mengalami peningkatan sebesar 30.600 ha atau meningkat sebesar 2,49% dibanding tahun sebelumnya. Beda halnya dengan perkebunan perusahaan, selama tiga tahun terakhir, lahan kopi perkebunan perusahaan besar cenderung mengalami penurunan. Salah satu penyebabnya adalah alih fungsi lahan. Luas lahan Perkebunan Besar Negara mengalami penurunan sebesar 4,57 % tahun 2020 dan 3,80% ditahun 2021. Sama halnya dengan luas lahan Perusahaan Besar Swasta juga mengalami penurunan dimana pada tahun 2020 menurun sebesar 3,03% dan tahun 2020 turun sebesar 10,15% (Ditjenbun, 2022).



Gambar 1. Perkembangan Luas Areal Perkebunan Kopi di Indonesia (BPS, 2022).

Produksi kopi tahun 2019 sampai dengan 2021 cenderung meningkat. Tahun 2019 produksi kopi sebesar 752,51 ribu ton naik menjadi 762,38 ribu ton pada tahun 2020 atau meningkat sebesar 1,31%. Tahun 2021 produksi kopi naik menjadi 786,19 ribu ton atau meningkat sebesar 3,12%. Daerah dengan produksi kopi terbesar di Indonesia yaitu provinsi Sulawesi Selatan dengan produksi 27,11% dari total produksi kopi (Ditjenbun, 2022).



Gambar 2. Produksi Kopi di Indonesia Tahun 2019-2020 (BPS, 2022).

Perkebunan Besar (PB) dan Perkebunan Rakyat (PR) kopi tersebar di provinsi di Indonesia, kecuali wilayah Provinsi DKI Jakarta. Apabila dilihat menurut provinsi, Provinsi Sumatera Selatan merupakan provinsi dengan areal kopi yang terluas di Indonesia yaitu 268 ribu hektar pada tahun 2021 atau 20,93 persen dari total luas areal kopi di Indonesia (BPS, 2022).

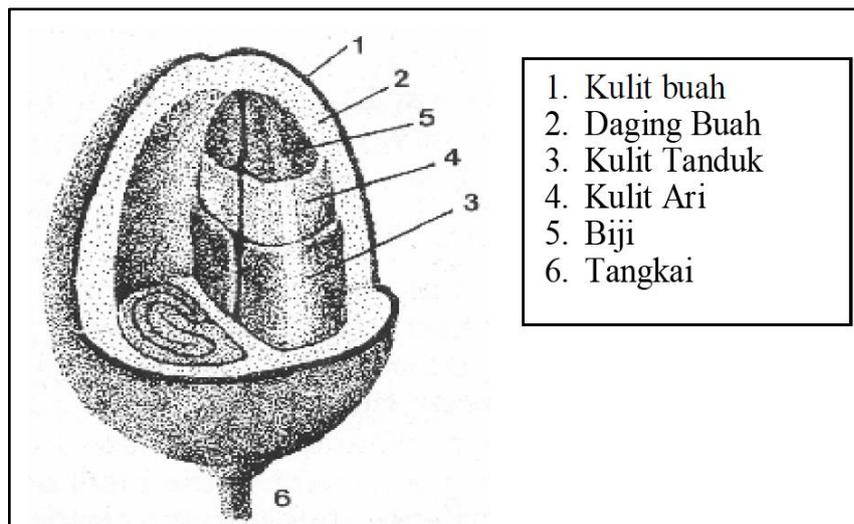
Produksi hasil kopi di Indonesia terus meningkat secara signifikan, namun tidak disertai dengan peningkatan mutu. Mutu hasil pengolahan kopi yang

dihasilkan umumnya masih rendah. Oleh karena itu, untuk memperoleh biji kopi yang bermutu baik maka diperlukan penanganan pasca panen yang tepat dengan melakukan tahapan secara benar (Marhaenanto dkk., 2015).



Gambar 3. Buah kopi (Sumber: Hendrawan, 2019).

Setidaknya 600 ribu ton biji kopi dunia berasal dari Indonesia. Namun jika dibandingkan dengan dengan negara Brazil, penghasilan biji kopi masih terpaut sangat jauh karena Brazil mampu menghasilkan biji kopi hingga 36% biji kopi di dunia atau sekitar 3,3 juta ton pertahun. Dalam hal ini, pemerintah berperan penting untuk memperhatikan perkembangan perkebunan kopi mulai dari proses budidaya tanaman kopi hingga teknologi yang digunakan dalam proses pengupasan kulit kopi agar lebih efektif dan penggunaan waktu serta tenaga kerja yang lebih efisien (Nasution dkk., 2018).



Gambar 4. Penampang potongan buah kopi (Sumber: Permentan, 2012).

2.2. Penanganan Panen Kopi

Keberhasilan penanganan panen sangat tergantung dari mutu bahan baku dari kegiatan pembibitan dan proses produksi/budidaya, karena itu penanganan proses produksi di kebun juga harus memperhatikan dan menerapkan prinsip-prinsip cara budidaya yang baik dan benar. Penundaan panen atau penundaan penanganan pascapanen akan menyebabkan penurunan mutu secara nyata, sehingga diperlukan adanya standar dan prinsip budidaya yang tepat untuk menghasilkan produksi dengan kualitas dan kuantitas optimal (Permentan, 2014).

Sebelum dilakukan pemanenan pada buah kopi, perlu diadakan pengamatan terhadap beberapa indikator yang menandakan tingkat kematangan buah kopi. Tingkat kematangan yang paling umum dijumpai yaitu adanya perubahan warna kulit dimana kulit kopi berwarna hijau tua, kuning, merah atau orange dan kehitam-hitaman yang masing-masing menandakan buah kopi muda, setengah masak, masak penuh dan masak penuh terlampaui (*over ripe*). Selain itu, tingkat kekerasan dan senyawa gula dalam daging buah juga menjadi indikator tingkat kematangan buah kopi. Apabila daging buah lunak dan berlendir serta rasanya manis, maka buah kopi tersebut sudah masak. Namun beda halnya dengan buah kopi yang masih muda yang memiliki daging buah sedikit keras, tidak berlendir dan senyawa gulanya belum terbentuk maksimal. Pada buah yang terlalu masak kandungan lendirnya relatif berkurang. Hal ini disebabkan karena sebagian senyawa gula dan pektin yang dikandung oleh buah mengalami proses respirasi sehingga terurai secara alami (Azni dan Aras, 2015).



Gambar 5. Pemetikan kopi (Sumber: Reta dkk., 2021).

Untuk mendapatkan hasil yang bermutu tinggi, buah kopi harus dipetik dalam keadaan masak penuh. Kopi Robusta memerlukan waktu 8-11 bulan sejak dari kuncup sampai matang, sedangkan kopi Arabika 6 sampai 8 bulan. Beberapa jenis kopi seperti kopi liberika dan kopi yang ditanam di daerah basah akan menghasilkan buah sepanjang tahun sehingga pemanenan bisa dilakukan sepanjang tahun. Kopi jenis Robusta dan kopi yang ditanam di daerah kering biasanya menghasilkan buah pada musim tertentu sehingga pemanenan juga dilakukan secara musiman (Ridwansyah, 2003).

Menurut Permentan (2014), secara teknis, panen buah masak (buah merah) memberikan beberapa keuntungan dibandingkan panen buah kopi muda atau lewat masak antara lain:

- a. Mudah diproses karena kulitnya mudah terkelupas.
- b. Rendeman hasil (perbandingan berat biji kopi beras perberat buah segar) lebih tinggi.
- c. Biji kopi lebih bernas sehingga ukuran biji lebih besar karena telah mencapai kematangan fisiologi optimum.
- d. Waktu pengeringan lebih cepat.
- e. Mutu fisik biji dan citarasanya lebih baik.

2.3. Penanganan Pascapanen Kopi

Pascapanen adalah salah satu aktivitas yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas hasil pertanian, oleh karena itu beragam tindakan ataupun perlakuan diterapkan pada komoditas pertanian setelah panen hingga komoditas berada di tangan konsumen. Perlakuan pascapanen bertujuan supaya komoditas pertanian baik serta cocok ataupun pas pada saat disantap ataupun dikala digunakan untuk bahan baku pengolahan (Prastowo dkk., 2010).

Kopi yang sudah dipetik harus segera diolah lebih lanjut dan tidak boleh dibiarkan begitu saja selama lebih dari 12 sampai 20 jam tanpa perlakuan. Kopi yang tidak segera diolah dalam jangka waktu tersebut kopi akan mengalami proses fermentasi dan proses kimia lainnya yang mengakibatkan penurunan mutu dari kopi tersebut. Jika terpaksa belum diolah, kopi harus direndam dahulu dalam air bersih yang mengalir (Prastowo dkk., 2010).

Proses pasca panen kopi berperan sangat penting dalam menentukan kualitas biji kopi. Secara umum penanganan kopi setelah pemetikan meliputi beberapa proses yaitu rambang, *pulping*, fermentasi, penjemuran, *hulling*, sortasi

dan pengemasan. Namun tidak semua proses penanganan pasca panen kopi sama karena terdapat beberapa metode pasca panen yaitu *Full Wash*, *Semi Wash*, *Natural*, *honey* dan *wine coffee* (Hendrawan, 2019).

2.3.1 Proses Basah

Pada proses basah (*full washed*) merupakan teknik pengolahan kopi yang dinilai menciptakan citarasa dan mutu kopi yang lebih baik dan nilai jual yang lebih tinggi, namun proses basah memerlukan biaya yang lebih tinggi dibanding dengan metode semi basah dan metode kering. Proses ini disukai petani kopi karena kemungkinan gagalnya sangat kecil. Kopi yang diolah secara basah (*washed*) biasanya akan menghasilkan seduhan yang clean atau karakter rasa yang lebih jernih. Selain itu, umumnya kopi yang diolah menggunakan proses *full washed* memiliki aroma yang lebih kuat, ringan, *aftertaste* lebih berkesan dan kadar keasaman yang lebih tinggi (Sembiring dkk., 2015).

Biji kopi yang sudah dipetik terlebih dahulu dilakukan pemisahan (*sortasi*). Pada tahapan ini, buah kopi dimasukkan ke dalam air dan memisahkan buah kopi yang mengapung, hal ini menandakan bahwa buah kopi tersebut cacat. Proses *sortasi* seperti ini disebut proses *Rambang*. Setelah dilakukan proses *sortasi*, langkah selanjutnya adalah pengupasan kulit dan daging buah kopi dengan menggunakan *pulper* atau alat pengupas (Reta dkk., 2021).

Pengolahan kopi arabika secara basah biasanya memiliki 2 mesin utama yaitu tahapan pengupasan kulit buah menggunakan mesin *pullper* dan tahapan pengupasan kulit tanduk dengan mesin *huller*. Namun terdapat pula mesin pencuci atau *washer* yang umumnya digunakan pada sentra pengolahan kopi dengan kapasitas olah yang besar (Sembiring dkk., 2015).

Saat dikupas dengan mesin *pulper*, biji kopi akan dimasukkan ke dalam bak penampung yang sudah diisi oleh air. Proses ini dilakukan untuk melarutkan lendir yang masih menempel pada kulit kopi (*parchment*). Setelah itu, kopi-kopi yang sudah dibersihkan ini masuk ke tahap berikutnya yaitu proses perendaman. Perendaman biasanya dilakukan selama 12 - 34 jam, tergantung dari faktor kelembapan dan suhu udara di lingkungan tersebut. Selama proses perendaman, air rendaman ini diganti sebanyak satu kali. Setelah perendaman selesai, tahap selanjutnya adalah penjemuran. Proses ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada biji kopi agar berada pada rasio 10-12% kemudian dilakukan proses pengupasan kulit tanduk dengan menggunakan mesin *huller*. (Ma'wah, 2022).

2.3.2 Proses Semi Basah

Proses secara semi basah (*semi washed/wet hulled*) dilakukan untuk menghemat penggunaan air dan menghasilkan kopi dengan citarasa yang khas (berwarna gelap dengan fisik kopi agak melengkung). Kopi arabika yang diproses secara semi-basah biasanya memiliki tingkat keasaman lebih rendah dengan body lebih kuat dibanding dengan kopi yang diproses secara basah penuh. Pada metode semi basah, penggunaan air hanya pada proses perendaman dan saat membersihkan biji kopi sehingga air yang digunakan lebih sedikit. Proses secara semi-basah juga dapat diterapkan untuk kopi robusta. (Permentan, 2012).

Proses pengupasan kulit buah (*pulp*) sama dengan cara basah-penuh. Untuk dapat dikupas dengan baik, maka buah kopi harus sudah melalui sortasi. Pengupasan dapat menggunakan *pulper* dari bahan tembaga, logam dan/atau kayu. Jarak silinder dengan silinder pengupas perlu diatur agar diperoleh hasil kupasan yang baik (biji utuh, campuran kulit minimal). Beberapa tipe *pulper* memerlukan air untuk membantu proses pengupasan. Setelah proses *pulping*, selanjutnya pembersihan sisa lendir di permukaan kulit tanduk dilakukan secara mekanik dengan alat demucilager tanpa menggunakan air atau biji kopi dapat direndam dengan air selama 1-2 jam (Permentan, 2012).

Pada pengolahan semi basah, sebaiknya digunakan 2 kali proses pengeringan untuk mendapatkan hasil yang baik. Pengeringan awal dilakukan dengan penjemuran selama 1-2 hari dalam bentuk kopi HS sampai kadar air mencapai sekitar 40 % dengan tebal lapisan kopi kurang dari 3 cm (biasanya hanya satu lapis) dengan alas dari terpal atau lantai semen. Setelah kadar air biji kopi HS mencapai 40 %, selanjutnya dilakukan proses pengupasan kulit tanduk dengan menggunakan mesin *huller* sehingga diperoleh biji kopi beras. Proses pengeringan selanjutnya dilakukan dalam bentuk biji kopi beras sampai kadar air 12,5 %. Biji kopi harus dibolak-balik pada saat pengeringan setiap 1-2 jam agar tingkat kekeringan merata (Hendrawan, 2019).

2.3.3 Proses Kering

Proses kering atau natural (*Dry/Honey Process*) merupakan penanganan pasca panen kopi secara kering karena dalam prosesnya tidak menggunakan air. Perbedaan metode natural dengan basah dan semi basah yaitu ada pada tahapan setelah rambang atau sortasi. Proses kering tidak melewati tahap *pulping* atau pengupasan kulit buah karena proses penjemuran yang dilakukan langsung

beserta kulit buah kopi. Metode natural bertujuan untuk mendapatkan rasa kopi yang sangat tebal atau kuat dan keasaman yang lebih rendah (Hendrawan, 2019).

Buah kopi yang sudah dipanen dan disortasi harus sesegera mungkin dikeringkan agar tidak mengalami proses kimia yang bisa menurunkan mutu. Buah kopi dikatakan sudah kering apabila waktu diaduk terdengar bunyi gemerisik. Penjemuran dapat dilakukan dengan menggunakan alat para para, lantai jemur dan terpal. Penjemuran langsung di atas tanah atau aspal jalan harus dihindari supaya tidak terkontaminasi jamur. Pengeringan memerlukan waktu 2-3 minggu dengan cara dijemur. Apabila udara tidak cerah, pengeringan dapat menggunakan alat pengering mekanis. Penuntasan pengeringan sampai kadar air mencapai maksimal 12,5 % (Permentan, 2012).

Untuk menghasilkan secangkir kopi yang clean, manis, dengan rasa yang cukup intens; kopi dengan proses kering membutuhkan lebih banyak tenaga tangan dibandingkan dengan proses basah/giling basah. Bahkan pemetik kopi (*pickers*) yang paling berhati-hati pun biasanya akan memetik ceri kopi berwarna hijau/setengah matang ketika mereka memetik buah ceri merah matang. Jika ceri kopi ini tidak dipisahkan saat tahap-tahap awal proses pengeringan, ceri kopi berwarna hijau akan berubah menjadi coklat, sehingga sulit dibedakan dari ceri kopi yang matang., faktor-faktor inilah yang membuat banyak petani menghindari metode natural atau *dry* ini (Ma'wah, 2022).

Penanganan pascapanen berkaitan dengan penerapan teknologi serta cara pemanfaatan sarana dan prasarana yang digunakan. Penanganan pascapanen kopi yang umumnya dilakukan oleh petani di Kabupaten Bantaeng yaitu dimulai dari sortasi buah kopi, pengupasan, fermentasi biji, pencucian, pengeringan biji, pengupasan kulit tanduk dan penggudangan (Ma'wah, 2022).

a. Sortasi kopi

Sortasi atau pemilihan biji kopi dimaksudkan untuk memisahkan biji yang masak dan bernas serta seragam dari buah yang cacat atau pecah, kurang seragam dan terserang hama serta penyakit. Sortasi juga dimaksudkan untuk pembersihan dari ranting, daun atau kerikil dan lainnya. Buah kopi masak hasil panen disortasi secara teliti untuk memisahkan buah superior (masak, bernas dan seragam) dari buah inferior (cacat, hitam, pecah, berlubang dan terserang hama penyakit) (Prastowo dkk., 2010).

Rambang merupakan proses perendaman buah kopi setelah panen. Proses rambang merupakan proses sortasi awal karena dalam tahap ini kopi berkualitas

kurang baik atau terkena penyakit akan naik ke permukaan air sedangkan kopi dengan kualitas baik akan tenggelam ke dalam air. Tahap sortasi awal pada kopi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu perambangan secara manual dan perambangan semi mekanis (Hendrawan, 2019).



Gambar 6. Proses rambang (Sumber: Hendrawan, 2019).

Kotoran seperti daun, ranting, tanah dan kerikil harus dibuang karena benda-benda tersebut dapat merusak mesin pengupas. Buah merah terpilih (superior) diolah dengan metode pengolahan secara basah atau semi basah supaya diperoleh biji kopi HS (*Haulk Snauk*) kering dengan tampilan yang bagus, sedangkan buah campuran hijau-kuning-merah diolah dengan cara pengolahan kering (Permentan, 2012).

b. Pengupasan kulit kopi

Pengupasan kulit kopi basah (*coffee pulping*) merupakan salah satu tahapan utama pada pengolahan kopi yang menjadi pembeda antara proses pengupasan kopi basah dan pengupasan kopi kering. Mekanisme *pulping* yaitu memisahkan biji dari kulit buah kopi sehingga diperoleh biji kopi yang masih terbungkus kulit tanduk. Umumnya pengupasan kulit kopi dilakukan menggunakan mesin pengupas mekanis tipe silinder berputar dengan satu atau dua buah silinder. Pada dasarnya, mekanisme kerja dari mesin pengupas kopi yaitu menekan buah kopi diantara silinder pengupas dan permukaan dinding pengupas (Sodik dkk., 2017).

Buah kopi yang telah masak penuh sempurna harus segera dilakukan proses *pulping* sehingga biji yang dihasilkan adalah biji berkulit cangkang sedangkan pada proses pengolahan kering buah kopi yang telah dipanen harus segera dikeringkan hingga kadar airnya diantara 12-13% dan dikupas dengan

menggunakan mesin *huller*. Pengupasan kulit buah kopi basah diproses dengan sejumlah air menggunakan alat pengupas kopi dengan sumber tenaga manual atau menggunakan motor bakar. Pemisahan kulit dari biji berkulit cangkang terjadi diantara permukaan silinder yang berputar (*rotor*) dan permukaan pisau yang diam (*stator*). Rotor memiliki permukaan yang bergelembung (*bubble plate*). Rotor terbuat dari bahan logam lunak jenis tembaga sedangkan *stator* dari besi plat (Widyotomo dkk., 2011).



Gambar 7. Pengupasan kopi metode *pulping* (Sumber: Nasution dkk., 2018).

Mesin pengupas kulit kopi merupakan sebuah mesin yang digunakan dalam proses pengolahan kopi yang umumnya memiliki silinder berputar. Mesin pengupas kulit kopi ini harus memenuhi syarat mesin agar dapat memenuhi kebutuhan pemakai. Transmisi mesin pengupas kulit umumnya berupa *pulley and belt*. Gerak putar motor ditransmisikan ke *pulley 1*, kemudian ke *pulley 2* dengan menggunakan *belt*. Putaran yang ditransmisikan akan mengalami reduksi kecepatan dan peningkatan torsi (Nugraha, 2016).



Gambar 8. *Pulper* konvensional dengan enjin (Sumber: Nasution dkk., 2018).

Pengoperasian mesin pengupas dapat dilakukan dengan dua jenis sumber daya penggerak. Tenaga penggerak yang pertama dioperasikan secara semi mekanis dimana mesin pengupas kopi berputar dengan daya yang diperoleh dari engkol yang diputar oleh manusia sebagai tenaga penggeraknya. Tenaga penggerak kedua dioperasikan secara mekanis dimana mesin pengupas ini menggunakan motor bakar sebagai tenaga penggeraknya. Kedua jenis tenaga penggerak alat ini tidak saling mengganggu mekanisme kerja alat karena sistem kerja dari kedua tenaga penggerak tersebut dapat digunakan secara bergantian (Sodik dkk., 2017).

Mengganti tenaga penggerak *pulper* hanya memerlukan waktu yang singkat. Hal ini disebabkan karena mekanisme kerja dari kedua jenis tenaga penggerak terletak pada *pulley* pengupas. Saat alat digerakkan oleh tenaga penggerak berupa motor bakar maka *pulley* silinder pengupas memutar rotor yang dihubungkan oleh sabuk V. Sedangkan saat alat pengupas ingin digerakkan oleh tenaga manusia, maka *pulley* pengupas sebagai *flywheel* dan sabuk V dilepas sehingga tidak terhubung ke motor bakar dan mengayun engkol yang dipasang pada *pulley* pengupas (Sodik dkk., 2017).

c. Fermentasi biji kopi

Perendaman atau fermentasi kopi dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan lendir pada kulit tanduk kopi. Fermentasi kopi dapat dilakukan dengan cara perendaman didalam air atau secara kering dengan memasukan biji kopi kedalam kantong plastik dan disimpan secara tertutup selama 12 hingga 36 jam. Proses fermentasi kopi bertujuan untuk menghasilkan cita rasa kopi yang khas, mengurangi rasa pahit dan membentuk kesan *mild* atau ringan pada seduhannya. Fermentasi kopi menyebabkan terjadinya penurunan berat biji dan kadar kafein karena terjadi pemisahan antara lendir dengan biji kopi dan sifat kafein yang larut dalam air (Hendrawan, 2019).

Proses fermentasi umumnya hanya dilakukan untuk pengolahan kopi Arabika, dan tidak banyak dipraktekkan untuk pengolahan kopi Robusta. Tujuan proses ini adalah menghilangkan lapisan lendir yang tersisa di lapisan kulit tanduk pada biji kopi setelah proses pengupasan. Pada kopi Arabika, fermentasi juga bertujuan untuk mengurangi rasa pahit dan mendorong terbentuknya kesan "*mild*" pada citarasa seduhannya. Prinsip fermentasi adalah alami dan dibantu oleh oksigen dari udara. Proses fermentasi dapat dilakukan secara basah (merendam biji dalam genangan air) dan secara kering (tanpa rendaman air) (Prastowo dkk., 2010).



Gambar 9. Proses fermentasi biji kopi (Sumber: Hendrawan, 2019).

d. Pencucian biji

Pencucian bertujuan untuk menghilangkan sisa lendir hasil fermentasi yang masih menempel pada kulit tanduk. Untuk kapasitas kecil, pencucian dapat dikerjakan secara manual di dalam bak atau ember, sedang kapasitas besar perlu di bantu dengan mesin. Mesin pencuci tipe *batch* mempunyai wadah pencucian berbentuk silinder horisontal segi enam yang diputar. Mesin ini dirancang untuk kapasitas kecil dan konsumsi air yang terbatas. Biji kopi HS sebanyak 50-70 kg dimasukkan ke dalam silinder berbentuk corong dan kemudian direndam dengan sejumlah air. Silinder di tutup rapat dan diputar dengan motor bakar (5 PK) selama 2-3 menit. Air cucian yang telah kotor dibuang kemudian di isi ulang. Proses ini diulang 2 sampai 3 kali tergantung pada kebutuhan mutu biji kopi yang diinginkan. Kebutuhan air pencuci berkisar antara 2-3 m³/ ton biji (Prastowo dkk., 2010).

Mesin pencuci kontinyu mempunyai kapasitas yang lebih besar, yaitu 1.000 kg biji kopi HS per jam. Kebutuhan air pencuci berkisar antara 5-6 m³/ ton biji kopi HS. Mesin pencuci ini terdiri atas silinder berlubang horisontal dan sirip pencuci berputar pada poros silinder. Biji kopi dimasukkan ke dalam corong silinder secara kontinyu disertai dengan semprotan aliran air ke dalam silinder. Sirip pencuci yang diputar dengan motor bakar mengangkat massa biji kopi ke permukaan silinder. Sambil bergerak, sisa-sisa lendir pada permukaan kulit tanduk akan terlepas dan tercuci oleh aliran air. Kotoran-kotoran akan menerobos lewat lubang-lubang yang tersedia pada dinding silinder, sedang massa biji kopi yang sudah bersih terdorong oleh sirip pencuci ke arah ujung pengeluaran silinder (Prastowo dkk., 2010).

e. Pengeringan biji

Penjemuran merupakan upaya pengeringan biji kopi dengan tujuan untuk menurunkan kadar air pada biji kopi. Pengeringan adalah proses pengeluaran air

menuju kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling hingga tingkat kadar air dapat mencegah pertumbuhan jamur. Penjemuran kopi dapat dilakukan secara langsung dengan bantuan sinar matahari dan bisa juga menggunakan alat pengering. Pengeringan biji kopi dilakukan dengan suhu antara 45- 50°C hingga mencapai kadar air yang sesuai yaitu 10 – 13% (Hendrawan, 2019).

Proses pengeringan bertujuan untuk mengurangi kandungan air dalam biji kopi HS yang semula 60-65% sampai menjadi 12%. Pada kadar air ini, biji kopi HS relatif aman untuk dikemas dalam karung dan disimpan di gudang pada kondisi lingkungan tropis. Proses pengeringan dapat dilakukan dengan cara penjemuran, mekanis dan kombinasi keduanya. Buah kopi arabika mutu rendah (inferior) hasil sortasi di kebun sebaiknya diolah secara kering. Cara ini juga banyak dipraktikkan petani untuk mengolah kopi jenis robusta. Tahapan proses ini relatif pendek dibanding proses semi basah (Prastowo dkk., 2010).



Gambar 10. Penjemuran biji kopi (Sumber: Hendrawan, 2019).

Penjemuran merupakan cara pengeringan kopi yang sangat menguntungkan, baik secara teknis, ekonomis maupun mutu hasil. Namun, di beberapa sentra penghasil kopi kondisi yang demikian sering tidak dapat dipenuhi. Oleh karena itu, proses pengeringan bisa dilakukan dengan dua tahap, yaitu penjemuran untuk menurunkan kadar air biji kopi sampai 20-25 % dan kemudian dilanjutkan dengan pengering mekanis. Kontinuitas sumber panas untuk proses pengeringan dapat lebih dijamin (siang dan malam) sehingga buah atau biji kopi dapat langsung dikeringkan dari kadar air awal 60-65% sampai kadar air 12% dalam waktu yang lebih terkontrol (Prastowo dkk., 2010).

Pengeringan dengan cara kombinasi merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk memperbaiki mutu dan sekaligus menekan biaya produksi. Proses pengeringan dilakukan dalam dua tahap. Pertama, pengeringan awal (*predrying*)

biji basah di lantai semen sampai kadar airnya mencapai 20-22% dan kedua pengeringan akhir (*final drying*) biji kopi di dalam pengering mekanis pada suhu 50-60°C selama 8-12 jam sampai kadar airnya 12% (Prastowo dkk., 2010).

Alternatif lain adalah dengan pemanfaatan teknologi perangkat panas matahari (*solar collector*). Saat ini telah dikembangkan model pengering biji kopi dengan tenaga surya yang mempunyai kapasitas pengolahan 5 ton biji kopi HS basah. Sebagai sumber panas utama adalah kolektor tenaga surya yang di pasang sekaligus sebagai atap gedung sehingga biaya investasi gedung dan biaya energi menjadi lebih murah (Prastowo dkk., 2010).

f. Pengupasan kulit tanduk

Pengupasan kulit tanduk (*hulling*) pada kondisi biji kopi yang masih relatif basah dapat dilakukan dengan menggunakan mesin pengupas yang didesain khusus. Agar kulit tanduk dapat dikupas, kondisi kulit harus cukup kering walaupun kondisi biji didalamnya masih basah. Biji kopi kering atau kopi gabah kering digiling dengan mesin *huller* untuk mendapatkan biji kopi pasar atau kopi beras. Penggilingan kopi memisahkan kulit tanduk dengan biji dan menghasilkan kopi beras. Kopi beras dapat disimpan (digudangkan) ataupun langsung dilakukan proses *roasting* (panggang atau sangrai) (Permentan, 2012).



Gambar 11. Pengupasan kulit tanduk (*Hulling*) (Sumber: Hendrawan, 2019).

g. Penggudangan

Penggudangan bertujuan untuk menyimpan hasil panen yang telah disortasi dalam kondisi yang aman sebelum dipasarkan ke konsumen. Beberapa faktor penting pada penyimpanan biji kopi adalah kadar air, kelembaban relatif udara dan kebersihan gudang. Serangan jamur dan hama pada biji kopi selama penggudangan merupakan penyebab penurunan mutu kopi yang serius. Jamur merupakan cacat mutu yang tidak dapat diterima oleh konsumen karena

menyangkut rasa dan kesehatan termasuk beberapa jenis jamur penghasil okhratoksin. Udara yang lembab pada gudang di daerah tropis merupakan pemicu utama pertumbuhan jamur pada biji, sedangkan sanitasi atau kebersihan yang kurang baik menyebabkan hama gudang seperti serangga dan tikus akan cepat berkembang (Prastowo dkk., 2010).

2.4. Rancangan Fungsional

Rancangan fungsional menjelaskan tentang fungsi-fungsi apa saja yang dapat dilakukan oleh suatu sistem atau sistem tersebut akan difungsikan untuk apa saja. Dalam menentukan rancangan fungsional biasanya dinyatakan dalam daftar fungsi. Rancangan fungsional terdiri atas fungsi operasional dan fungsi Pendukung. Fungsi operasional menjelaskan fungsi apa saja yang dapat dilakukan oleh sistem ketika sistem sedang beroperasi (Prawira, 2009).

Fungsi Pendukung merupakan hal-hal yang harus diperhatikan atau dilakukan untuk menjaga kondisi sistem tetap baik dan berfungsi sebagaimana mestinya. Fungsi Pendukung meliputi fungsi perawatan yang dilakukan secara berkala untuk mengganti komponen-komponen yang perlu diganti untuk menjamin kelangsungan operasional dari sistem tetap baik. Penggantian dilakukan secara berkala ketika sistem dalam keadaan tidak aktif. Rancangan fungsional juga harus dinyatakan dalam diagram hierarki yang menjelaskan keterkaitan antara fungsi yang satu dengan yang lain, juga antara fungsi dengan variable, parameter dan kendala atau batasan (Prawira, 2009).

Desain fungsional mengacu pada bagaimana alat dan mesin bekerja secara fisik atau fungsinya terhadap pengguna. Ini adalah aspek penting yang perlu diperhatikan oleh perancang/desainer. Alat dan mesin harus berfungsi sesuai tujuan pembuatannya. Bagaimana alat dan mesin bekerja secara fungsional atau fisikal adalah aspek perancangan dan tanggung jawab seorang desainer. Pengguna tidak menghendaki sesuatu yang ribet atau menyusahkan terkait penggunaan alat dan mesin. Jika alat dan mesin yang digunakan tidak nyaman, tidak sesuai ergonomika dan sebagainya, maka besar kemungkinan pengguna akan mengganti dengan produk sejenis yang lebih baik (Fesyendesign,2023).

2.5. Rancangan Struktural

Desain struktural adalah desain (gambar) yang dibuat berdasarkan garis, ukuran, bentuk, warna, tekstur, dan nilai dari suatu benda. Tujuan dibuatnya desain

struktural adalah untuk mengetahui rancangan, model dan bahan pada benda produksi lain sebelum dibuat menjadi barang yang utuh dan nyata (Hanif, 2015).

Desain struktural dapat berbentuk benda yang memiliki tiga dimensi maupun dalam bentuk gambar dari suatu benda. Desain struktural menunjukkan bagaimana suatu benda itu dikonstruksikan dan bagaimana benda tersebut memenuhi fungsinya. Hal itu menunjukkan bagaimana unsur-unsur seperti garis dan bentuk berhubungan. Bentuk yang wajar dan penampilan yang sederhana memiliki keindahan visual yang besar dan tidak pernah membosankan. Desain struktural bisa diaplikasikan dalam bentuk benda alat rumah tangga, alat dan mesin atau benda-benda yang ada disekeliling kita (Hanif, 2015).

Suatu produk atau benda harus memenuhi syarat-syarat desain struktural seperti fungsional atau berguna dalam kehidupan sehari-hari, memiliki bentuk yang indah tetapi sederhana, proposional, dibuat dari bahan yang sesuai dengan fungsinya serta dapat dipakai sesuai dengan tujuan pembuatan (Hanif, 2015).

2.6. CAD, CAM, CAE

CAD (*Computer Aided Design*) merupakan perangkat lunak atau *software* yang digunakan untuk menggambar suatu bagian dari produk dalam bentuk 2D atau 3D. Beberapa *software* CAD yang telah digunakan seperti AutoCAD, Pro Engineering, CATIA dan masih banyak yang lain. CAM (*Computer Aided Manufacturing*) sebagai sebuah sistem yang mampu menghasilkan produk atau benda kerja secara otomatis dengan menggunakan perangkat permesinan yang dikendalikan oleh sistem di komputer. Adapun CAE (*Computer Aided Engineering*) berupa teknologi yang digunakan untuk menghitung karakteristik dari suatu produk atau bagian dari suatu produk (Sukarno, 2017).

CAD (*Computer Aided Design*) umumnya diartikan sebagai *software* yang digunakan untuk proses mendesain. CAD dapat melakukan penggambaran (*representation*) dan analisis. Ada beberapa cara penggambaran pada *software* CAD seperti model tiga dimensi, *wire-frame*, *representasi boundary* dan model solid. Sistem CAD terdiri dari kumpulan modul aplikasi di dalam sebuah database dan editor grafik. Analisis teknik dapat diselesaikan dengan paket untuk simulasi kinematik, analisis rangkaian (*circuit*) dan simulasinya, serta metode elemen hingga *Finite Element Method* (Suhendra, 2016).

Dalam perencanaan atau perancangan suatu produk tidak cukup hanya dengan *drawing* atau gambar, namun juga diperlukan pengetahuan mengenai

karakteristik produk yang dirancang baik secara mekanika, statis, dinamis, maupun termal dan karakteristik lainnya dengan cara menganalisa rancangan tersebut. Dalam hal ini, *software* yang dapat digunakan diantaranya adalah CATIA, ANSYS dan *software* pendukung lainnya yang sejenis (Sukarno, 2017).

2.7. SolidWorks

SolidWorks adalah salah satu program komputer yang digunakan untuk merancang suatu produk, alat maupun mesin. SolidWorks dibuat sebagai rival untuk program CAD seperti Pro-Engineer, NX Siemens, I-Deas, Unigraphics, Autodesk Inventor, Autodesk AutoCAD dan CATIA yang mulanya diperkenalkan pada tahun 1995. Pada tahun 1993, Jon Hirschtick mendirikan SolidWorks Corporation dengan merekrut tim insinyur profesional untuk membangun perusahaan yang mengembangkan *software* CAD 3D yang berpusat di Concord, Massachusetts. SolidWorks 95 merupakan produk pertama dari Solidworks Corporation yang dirilis pada tahun 1995 (Sungkono, 2019).

SolidWorks merupakan *software* yang digunakan untuk merancang elemen mesin dengan melakukan pemodelan 3D dengan mudah. SolidWorks tergolong *software* desain yang mudah dipelajari dan dapat digunakan sebagai alat bantu menuangkan ide dan gagasan menjadi suatu model atau bentuk yang kita inginkan dengan relatif cepat. Pembuatan desain dengan menggunakan *software* SolidWorks relatif mudah karena perintah-perintah yang akan digunakan dibuat dalam model ikon-ikon sederhana sehingga mudah diingat. Pada dasarnya perintah dalam SolidWorks sangat banyak bahkan mencapai ratusan, namun perintah yang sering digunakan relatif sedikit (Rhakasywi, 2015).

2.8. Hopper, Metering Device, Angle of repose

Bak penampung bahan atau *hopper* berfungsi untuk menampung hasil pertanian atau bahan pangan serta granula-granula lainnya. Terdapat berbagai model bak penampung yang digunakan. Misalnya bak penampung dengan model dasar bak yang terdapat konveyor dan berfungsi sebagai penyalur bahan ke pintu bukaan. Selain itu terdapat bak penampung berbentuk silinder dan kerucut (Iqbal, 2014).

Sudut yang terbentuk antara bidang datar dengan sisi miring curahan saat sejumlah biji atau tepung dituangkan dengan cepat di atas bidang datar merupakan definisi dari *Angle of repose*. Dalam proses perancangan *hopper* pada mesin pengolahan, lubang masukan atau lubang keluaran pada silo atau *hopper*

memerlukan perhitungan parameter *angle of repose*, karena hal tersebut *angle of repose* dari suatu bahan penting untuk diketahui. Perencanaan *hopper* dapat mengesampingkan nilai *angle of repose* apabila perencanaan kemiringan dinding secara logika melebihi nilai sudut curah serta gaya eksternal yang bekerja pada bahan lebih besar dari gaya kohesi bahan (Priastuti dkk., 2016).

Nilai *angle of repose* mempengaruhi proses pengosongan bahan pada *hopper* atau silo. *Angle of repose* erat hubungannya dengan gaya kohesi *partikel* bahan yakni bahan yang memiliki gaya kohesi yang tinggi akan menyebabkan kebebasan bergerak suatu bahan tersebut rendah. Suatu bahan yang memiliki kebebasan gerak yang rendah akan menyebabkan *angle of repose* menjadi lebih besar. Faktor lain yang mempengaruhi *angle of repose* adalah kadar air dan benda-benda asing pada tumpukan (Syah dkk., 2013).

Material yang berada di atas sudut curah memiliki gaya ke bawah lebih besar dibanding gaya geseknya sehingga menyebabkan material bergerak turun. Sedangkan material yang berada di bawah sudut curah memiliki gaya gesek yang lebih besar sehingga menahan gaya kebawah dan mencegah material turun. Sudut curah dalam bidang eksakta dipelajari dan digunakan untuk menaksir laju erosi lereng, mengukur kecepatan aliran material erupsi dan merancang penyimpanan hasil pertanian (Rahmat dkk., 2015).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Iqbal (2012), *metering device* merupakan sebuah pengatur jumlah granula bahan yang akan diolah atau dikeluarkan dari sistem. Dalam sebuah perencanaan mesin berdasarkan bahan yang akan diolah, terdapat beberapa jenis *metering device* yaitu:

a. *Metering* tipe bintang

Jari-jari roda bintang yang berputar akan ditempati oleh sejumlah bahan sehingga *metering* tergantung pada radius masing-masing mata roda gigi bintang tersebut.

b. *Rotating bottom*

Penjataan dilakukan dengan cara memutar dasar bak penampung bahan dengan lubang tertentu. Bukaannya mempengaruhi dosis keluaran bahan.

c. *Edge cell*

Bahan akan dibawa melalui celah pada rotor yang berputar untuk dijatuhkan pada silinder pengupas, penentuan dosis keluaran ditentukan oleh putaran poros.

d. *Loose fitting auger*

Penjataan dengan *metering* semacam ini terjadi dengan cara bahan melalui ulir sekrup yang berputar di dalam tabung.

e. *Belt type*

Metering device ini dapat melakukan penjatah yang relatif cepat. Sabuk berjalan akan membawa bahan ke pintu keluaran. Pengaturan dosis sesuai dengan lebar bukaan pintu keluaran.

f. *Auger*

Pada jenis penjatahan ini. Bahan akan dibawa ke lubang pengeluaran diantara sekrup-sekrup yang berputar. Kecepatan putaran auger menentukan dosis bahan.

g. *Stationary opening*

Jenis penjatahan ini memanfaatkan putaran rotor untuk mendorong pupuk keluar dari lubang pengeluaran.

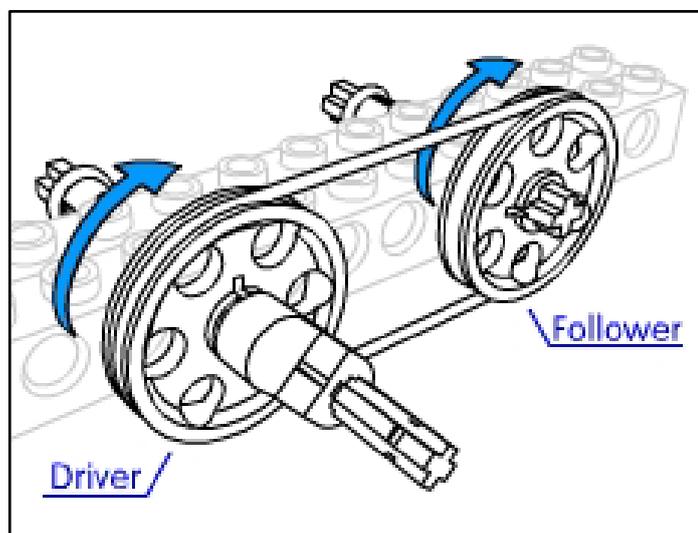
2.9. Poros, Daya Rencana, Transmisi

Poros adalah komponen alat mekanis yang mentransmisikan gerak berputar dan daya. Poros merupakan salah satu bagian terpenting mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama dengan putaran yang terjadi pada poros. Transmisi pada poros dapat terjadi melalui sistem transmisi kopling, *gear and gear*, *pulley and belt*, *chain and sprocket* dan *shaft and universal joint* (Basselo dkk., 2014).

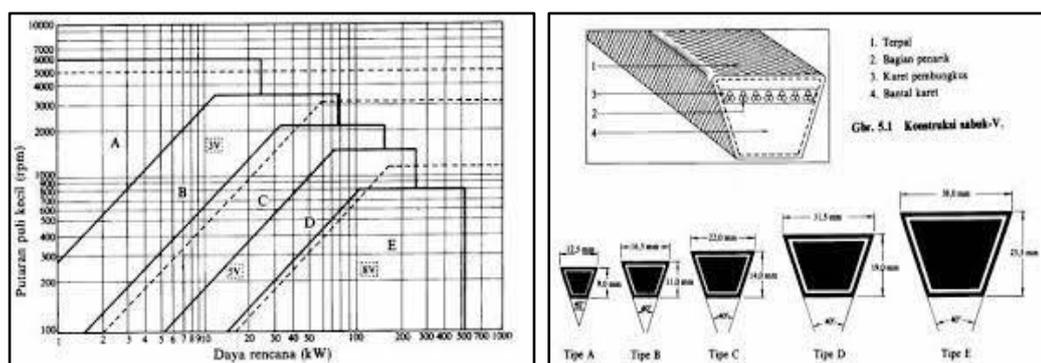
Sistem transmisi adalah sistem yang berfungsi untuk konversi torsi dan kecepatan mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi menjadi lebih rendah tetapi lebih bertenaga atau sebaliknya. Sistem transmisi berfungsi untuk memindahkan putaran dari motor bakar bensin penggerak ke roda atau komponen lain (Rahmat dkk., 2015).

Penggunaan roda gigi seringkali tidak dapat digunakan jika jarak antara kedua buah poros terpaut jauh. Oleh sebab itu, jenis transmisi lain yang dapat diterapkan yaitu *chain and sprocket* atau *pulley and belt* sehingga memungkinkan untuk melakukan transfer daya dengan jarak yang jauh antar kedua porosnya. Penanganan transmisi sabuk menggunakan *V-belt* lebih mudah dan harga yang lebih murah. Untuk transmisi jenis sabuk, kecepatan yang direncanakan pada umumnya 10 m/s sampai dengan maksimum 25 m/s. Daya maksimum yang dapat ditransmisikan sampai dengan 500 kW. Jika terjadi slip antara *pulley* dan *belt*,

maka *belt* tidak dapat meneruskan daya putar dengan perbandingan yang tepat. Untuk mentransmisikan daya dengan arah putar kedua poros yang berbeda, jenis transmisi yang digunakan yaitu *shaft and universal joint* (Erwin, 2017).



Gambar 12. Sketsa transmisi *pulley and belt* (Sumber: Krishadiatno, 2015).



Gambar 13. Diagram pemilihan sabuk V (Sumber: Krishadiatno, 2015).

Secara umum, *belt* terbuat dari kain dan benang kemudian diresapi karet. Khusus untuk *V-belt* memiliki penampang trapesium. Tenunan benang sebagai inti *belt* dimaksudkan untuk membawa tarikan yang besar. *V-belt* dibelitkan disekeliling alur *pulley*. Bagian *belt* yang membelit *pulley* ini mengalami lengkungan sehingga penampang dalam *belt* akan bertambah besar. Pertambahan penampang *belt* tersebut juga menyebabkan gaya gesekan bertambah karena adanya pengaruh bentuk baji yang akan menghasilkan transmisi daya yang cukup besar dengan tegangan yang rendah. Slip pada transmisi *pulley and belt* dapat terjadi apabila terdapat ketidakseuaian rasio kecepatan dan *pulley* pada kedua poros. Penggunaan rasio yang berbeda memiliki luas penampang atau bidang kontak yang berbeda pada kedua *pulley* dan rasio 1:1 memiliki bidang kontak yang sama (Krishadiatno, 2015).