

RANCANG BANGUN ROBOT PEMETIK LADA

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

Hasya Fida Afifah	NIRM	0031714
Judika Agung Hendrawan	NIRM	0031745
Arzela Tanjung Ampera	NIRM	0021736
Febi Ferdiansah	NIRM	0021743

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2020

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ROBOT PEMETIK LADA

Oleh:

Hasya Fida Afifah	NIRM	0031714
Judika Agung Hendrawan	NIRM	0031745
Arzela Tanjung Ampera	NIRM	0021736
Febi Ferdiansah	NIRM	0021743

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

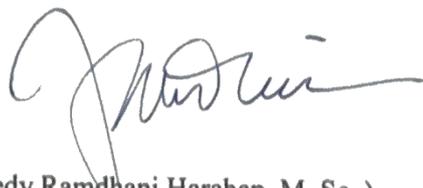
Menyetujui,

Pembimbing 1



(M. Iqbal Nugraha, M.Eng.)

Pembimbing 2



(Dedy Ramdhani Harahap, M. Sc.)

Penguji 1



(Indra Dwisaputra, M.T)

Penguji 2



(Juanda, M.T)

Penguji 3



(Idiar, M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1	: Hasya Fida Afifah	NIRM	0031714
Nama Mahasiswa 2	: Judika Agung Hendrawan	NIRM	0031745
Nama Mahasiswa 3	: Arzela Tanjung Ampera	NIRM	0021736
Nama Mahasiswa 4	: Febi Ferdiansah	NIRM	0021743

Dengan Judul : Rancang Bangun Robot Pemetik Lada

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, 19 Agustus 2020

Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1. Hasya Fida Afifah	
2. Judika Agung Hendrawan	
3. Arzela Tanjung Ampera	
4. Febi Ferdiansah	

ABSTRAK

Lada merupakan salah satu jenis rempah yang menjadi salah satu komoditi utama hasil pertanian di Bangka Belitung. Bisnis perkebunanlada sangat menjanjikan dan memiliki cukup banyak benefit dikarenakan kualitas lada putih Bangka Belitung yang sangat terkenal hingga mancanegara. Permasalahan yang dialami para petani lada adalahpada proses pemetikan buah lada yang masih dilakukan secara manual yaitu dipetik dengan tangan tanpa alat bantu bahkan akan lebih sulit lagi ketika posisi lada sudah sulit dijangkau atau tinggi. Berdasarkan kondisi tersebut, maka sebuah alat pemetik lada berbasis robotika dirancang dan dibuat pada proyek akhir ini. Perancangan robot pemetik lada menerapkan metode VDI 2222 meliputi merencana, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian. Robot yang dibangun memiliki 3 DoF terdiri dari 1 prismatic joint dan 2 revolute joints dengan sebuah alat pemetik khusus di bagian end-effector robot. Kontrol pergerakan robot menggunakan wireless remote control yang telah terhubung ke mikrokontrolerdengan komunikasi melalui mediablueetooth.

Kata kunci :*robot, lada, perancangan, DoF, aktuator.*

ABSTRACT

Pepper has been regarded as one of spices categories becoming a main farming commodity in Bangka Belitung. Business of pepper farming is promising and beneficial due to its pure quality which has been famous worldwide. The problem is that the farmers and peasants feel difficulties during harvesting process, in which the fruits are still picked manually by hand. Even it becomes more difficult when the position of the pepper fruits is high enough, out of reach. According to this situation, a special tool for picking pepper fruits based on robotics is designed and built in this final project. The design of pepper picking robot implements VDI 2222 method involving planning, drafting, designing and finishing. The robot built contains 3 DoF which are 1 prismatic joint and 2 revolute joints with a special fruit picker as robot end-effector. Robot movement control deploys wireless remote control connected to microcontroller via Bluetooth.

Keywords: robot, pepper, design, DoF, actuator.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan YME atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pada proyek akhir ini penulis mencoba untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan selama 3 tahun menimba ilmu pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah berperan sehingga proyek akhir ini dapat terselesaikan, yakni:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar yang telah memberi semangat dan doa dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini;
2. Bapak Sugeng Ariyono, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung periode 2016-2020, dan Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung periode 2020-2024;
3. Bapak Aan Febriansyah, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung periode 2016-2020, dan Bapak M. Iqbal Nugraha, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung;
4. Bapak Fajar Aswin, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung periode 2016-2020, dan Bapak Pristiansyah, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung periode 2020-2024;
5. Bapak M. Haritsah Amrullah, M.Eng., selaku Kepala Program Studi D3 Teknik Perancangan Mekanik, dan Bapak Ocsirendi, M.T. selaku Kepala Program Studi D3 Teknik Elektronika;

6. Bapak M. Iqbal Nugraha, M.Eng. selaku pembimbing 1 dan Bapak Dedy Ramdhani Harahap, M.Sc selaku pembimbing 2;
7. Dewan penguji tugas akhir Polman Babel;
8. Komisi Tugas Akhir;
9. Seluruh dosen di jurusan Teknik Mesin dan jurusan Teknik Elektro dan Informatika; dan
10. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu selama menyelesaikan proyek akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan proyek akhir ini masih banyak kekurangan, baik dalam segi bahasa maupun sistematika penulisan. Oleh karena itu, sangat diharapkan segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar dapat menunjang pengembangan dan perbaikan penulisan dikemudian hari. Semoga proyek akhir ini dapat berguna untuk menambah wawasan bagi rekan-rekan mahasiswa. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Sungailiat, September2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB IPENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan dan Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir.....	3
BAB IIDASAR TEORI	4
2.1 Robot Pemetik Lada.....	4
2.2 Derajat Kebebasan Gerak (<i>Degree Of Freedom</i>).....	5
2.3 Metodologi Perancangan VDI 2222.....	6
2.4 Arduino Mega 2560	8
2.5 Arduino Nano	8
2.6 <i>Power Supply</i>	9
2.7 Remote Control	9
2.8 Motor Stepper.....	9
2.9 Driver TB6600	11
2.10 Motor Servo.....	12
2.11 Motor DC.....	13
2.12 <i>Sensor Rotary Encoder</i>	14
2.12.1 <i>Absolute Rotary Encoder</i>	14
2.12.2 <i>Incremental Rotary Encoder</i>	15
2.13 <i>Bluetooth</i>	15

2.13.1	<i>Bluetooth HC-05</i>	16
2.14	<i>Limit Switch Sensor</i>	17
2.15	<i>Buzzer</i>	18
2.16	Elemen Pengikat.....	18
2.16.1.	Baut dan Mur.....	18
2.16.2.	Pengelasan.....	20
BAB III METODE PELAKSANAAN		23
3.1	<i>Flowchart</i> Pembuatan Alat.....	23
3.2	Tahapan-Tahapan Penelitian	24
3.2.1	Pengumpulan Data.....	24
3.2.2	Membuat Daftar Tuntutan.....	24
3.2.3	Mengkonsep Alat.....	25
3.2.4	Perancangan Alat.....	25
3.2.5	Perakitan Alat	26
3.2.6	Uji Coba Alat.....	26
3.2.7	Optimal	27
3.2.8	Analisa Hasil	27
3.2.9	Penyelesaian	27
BAB IV PEMBAHASAN		28
4.1	Pendahuluan	28
4.2	Menganalisis.....	28
4.2.1	Analisa Pengembangan Awal.....	28
4.2.2	Pengumpulan Data.....	28
4.3	Mengkonsep	29
4.3.1.	Daftar Tuntutan	29
4.3.2.	Metode Penguraian Fungsi.....	30
4.3.3.	Alternatif Fungsi Bagian.....	33
4.3.4.	Pembuatan Alternatif Keseluruhan	39
4.3.5.	Variasi Konsep	40
4.3.6.	Penilaian Variasi Konsep	47
4.3.7.	Keputusan.....	48

4.3.8.	Diagram Blok <i>Hardware</i>	49
4.4	Perancangan Alat	53
4.4.1.	Kontrol Elektrik	53
4.4.2.	Optimasi	58
4.5	Perakitan Alat	59
4.5.1.	Perakitan <i>Prismatic Joint</i>	59
4.5.2.	Perakitan <i>Revolute Joint</i>	61
4.5.3.	Perakitan Pemetik	63
4.6	Perhitungan.....	65
4.6.1.	Perhitungan Kecepatan <i>Prismatic Joint</i>	65
4.6.2.	Servo	66
4.6.3.	Rotary Encoder.....	68
4.7	Uji Coba.....	68
4.7.1.	Uji Coba <i>Roller</i> Pemetik.....	68
4.7.2.	Uji Coba <i>Prismatic Joint</i> Tanpa Sensor.....	69
4.7.3.	Uji Coba <i>Rotary Encoder</i>	70
4.7.4.	Uji Coba Proses Pemetikan Buah.....	71
BAB VKESIMPULAN DAN SARAN.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN		76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keunggulan dan Kelemahan Robot <i>Cylindrical Manipulator</i>	4
Tabel 2.2 Pengaturan Putaran Motor Stepper	11
Tabel 2. 3 Keuntungan Dan Kerugian Dari Penggunaan Baut dan Mur	19
Tabel 2.4 Simbol Dasar Pengelasan	21
Tabel 2. 5 Keuntungan dan Kerugian Menggunakan Pengelasan	21
Tabel 4.1 Daftar Tuntutan	29
Tabel 4.2 Deskripsi Sub Fungsi	32
Tabel 4.3 Alternatif Fungsi Rangka.....	33
Tabel 4.4 Alternatif Fungsi <i>Dof 1</i>	35
Tabel 4.5 Alternatif Fungsi <i>Dof 2</i>	36
Tabel 4.6 Alternatif Fungsi <i>Dof 3</i>	37
Tabel 4.7 Pemetik	38
Tabel 4.8 Kotak Morfologi.....	39
Tabel 4.9 Skala Penilaian Varian Konsep.....	47
Tabel 4.10 Kriteria Penilaian Teknis	47
Tabel 4.11 Kriteria Penilaian Ekonomis	48
Tabel 4. 12 Keterangan Fungsi Dari Tombol <i>Joystick</i>	52
Tabel 4. 13 Optimasi Pemetik Tangkai Buah Lada	58
Tabel 4.14 Uji Coba <i>Roller Pemetik</i>	68
Tabel 4.15 Pengujian 1 <i>Prismatic Joint</i> Tanpa Sensor	69
Tabel 4.16 Pengujian 2 <i>Prismatic Joint</i> Tanpa Sensor	70
Tabel 4.17 Uji coba <i>rotary Encoder</i>	71
Tabel 4.18 Waktu Pengujian Pemetikan Buah Lada	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Biji Lada.....	1
Gambar 1.2 Proses Panen Buah Lada	2
Gambar 2.1 Ruang Kerja Robot Tipe <i>Cylindrical Manipulator</i>	4
Gambar 2.2 Enam Derajat Kebebasan Pada Suatu Objek.....	5
Gambar 2.3 Arduino Mega 2560.....	8
Gambar 2.4 Arduino Nano	8
Gambar 2.5 <i>Power Supply</i>	9
Gambar 2.6 Remote Control Wireless Joystick	9
Gambar 2.7 Motor Stepper Nema 23.....	10
Gambar 2.8 Rangkaian Pengendali Motor Stepper	10
Gambar 2.9 Pengaturan Putaran Motor Stepper.....	11
Gambar 2.10 <i>Driver TB6600</i>	12
Gambar 2.11 Motor Servo RDS3115.....	12
Gambar 2.12 Bentuk Sinyal Motor Servo.....	13
Gambar 2.13 Motor Dc	14
Gambar 2.14 Incremental Rotary Encoder.....	15
Gambar 2.15 <i>Bluetooth HC-05</i>	17
Gambar 2.16 <i>Limit Switch Sensor</i>	17
Gambar 2.17 Macam-Macam Baut.....	19
Gambar 2.18 Macam-Macam Mur	19
Gambar 2.19 Teknik Sambungan Las Dasar	20
Gambar 2.20 Penunjukan Pengelasan.....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan.....	24
Gambar 3.2 Area Potong.....	25
Gambar 4.1 <i>Black Box</i>	30
Gambar 4.2 Diagram Struktur Fungsi.....	31
Gambar 4.3 Diagram Pembagian Sub Fungsi Bagian	32
Gambar 4.4 Varian Konsep 1	41
Gambar 4.5 Varian Konsep II	43

Gambar 4.6 Varian Konsep III	45
Gambar 4.7 Diagram Penilaian Aspek Teknis dan Ekonomis	49
Gambar 4.8 Diagram Rangkaian Kontrol	49
Gambar 4.9 Skema Kontrol Motor DC Pemetik	50
Gambar 4.10 Skema Kontrol Motor Servo <i>Revolute Joint</i>	51
Gambar 4.11 Gambar Bluetooth HC-05	51
Gambar 4.12 Keterangan Tombol <i>Joystick</i>	52
Gambar 4.13 <i>Flowchart</i> Perintah Pergerakan Motor Servo Menggunakan <i>Joystick</i>	54
Gambar 4.14 <i>Flowchart</i> Perintah Kecepatan Motor Servo Menggunakan <i>Joystick</i>	55
Gambar 4.15 <i>Flowchart</i> Perintah Pergerakan Motor Stepper Menggunakan <i>Joystick</i>	56
Gambar 4.16 <i>Flowchart</i> Perintah Kecepatan Motor Stepper Menggunakan <i>Joystick</i>	57
Gambar 4.17 Rangkaian Pada PCB	57
Gambar 4.18 <i>Assembling</i> Elektrik Robot.....	58
Gambar 4.20 Dudukan <i>Prismatic</i>	59
Gambar 4.21 <i>Linear Screw</i> sebagai pembawa lengan	59
Gambar 4.22 <i>Rel slider</i>	60
Gambar 4.23 Roda Pembawa	60
Gambar 4.24 <i>Nut Housing</i> dan <i>Nut Brass</i> yang digunakan sebagai pembawa lengan	60
Gambar 4.25 Nut Sebagai Dudukan <i>screw</i> dan Motor Servo	61
Gambar 4.26 <i>Coupler shaft</i> dan <i>bearing</i>	61
Gambar 4.27 <i>Coupler</i> dan <i>bearing</i>	61
Gambar 4.28 Motor Stepper	61
Gambar 4.29 Motor Servo.....	62
Gambar 4.30 Pemasangan Motor Servo di lengan 1 dan lengan 2	62
Gambar 4.31 Gambar a) Aluminium siku L dan Gambar b) Aluminium Siku L yang telah disatukan.....	62

Gambar 4.32 Gambar (a) Dudukan Lengan dan (b) Dudukan Lengan Yang Telah Terpasang Lengan Dan Motor Servo	63
Gambar 4.33 Motor DC Sebagai Aktuator Pemetik	63
Gambar 4.34 Dudukan untuk motor DC dan Pipa VPC	64
Gambar 4.35 Pemasangan Pipa dan Motor DC.....	64
Gambar 4.36 Dudukan <i>Roller</i> Bawah.....	64
Gambar 4.37 Penutup Pipa yang telah terpasang	64
Gambar 4.38 <i>Shaft Roller</i>	65
Gambar 4.39 Perakitan Pemetik	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Kriteria Penilaian

Lampiran 3: Gambar Kerja

Lampiran 4: Program

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangka Belitung merupakan salah satu kepulauan yang dikenal sebagai daerah penghasil rempah-rempah terutama lada. Lada sering juga disebut merica atau sahang, yang mempunyai nama latin *Piper Albi Linn*. Lada mempunyai rasa pedas, pahit, hangat, dan antipiretik sehingga cocok sekali untuk dijadikan bahan penyedap makanan atau bumbu dapur [1].

Menurut data *Food Agriculture Organization(FAO)* pada tahun 2017, Indonesia adalah negara ke 2 (dua) penghasil lada putih terbesar setelah Vietnam, khususnya Bangka Belitung 42,907 hektare dan 87,029 ton sepanjang tahun[2]. Indonesia juga tercatat mengekspor lada sebanyak US\$152,47 juta dengan volume 47,62-ton sepanjang 2018 lalu[3]. Jenis lada yang di ekspor adalah lada putih. Sehingga tidak heran lada menjadi salah satu komoditi hasil perkebunan yang mempunyai peran penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia, terutama sebagai penghasil devisa negara selain minyak dan gas[4].

Lada merupakan bisnis perkebunan yang cukup benefit di pulau Bangka Belitung. Tanaman ini banyak dibudidayakan oleh masyarakat keturunan asli Bangka Belitung dan ditanam di perkebunan milik mereka sendiri serta tak jarang juga ditanam disekitaran halaman depan maupun di halaman belakang rumah.



Gambar 1.1 Biji Lada

Lada sebagai bahan bumbu dapur yang berasal dari buah lada yang di panen dan mengalami proses pengolahan tertentu seperti perendaman, pengelupasan, dan pengeringan. Salah satu petani yang mengolah lada menjadi

bahan bumbu dapur adalah Bapak Makmun yang tergabung dalam salah satu Industri Kecil Menengah (IKM) di Desa Penyamun.



Gambar 1.2 Proses Panen Buah Lada

Proses panen buah lada biasanya dilakukan oleh masyarakat dengan cara manual dan memerlukan alat bantu tradisional tangga ketika akan memperoleh tangkai lada yang lebih tinggi. Berdasarkan proses panen tersebut, petani lada sering kesusahan untuk membawa tangga yang begitu panjang dan berat. Berdasarkan penuturan petani lada di Desa Penyamun, lada yang akan di panen hanya lada yang siap panen. Sementara untuk 1 (satu) pohon lada bisa mendapatkan 2-3 kg lada yang siap panen. Maka para petani pun biasanya kewalahan untuk dapat memanen buah lada yang jaraknya cukup tinggi. Berdasarkan permasalahan ini, kebutuhan akan adanya alat pemetik buah lada yang dapat menjangkau dan memetik buah lada sangat diharapkan. Oleh karena itu, proyek akhir ini membuat sebuah inovasi rancang bangun alat pemetik lada berbasis robotik dengan menerapkan metode perancangan VDI 2222.

1.2 Rumusan dan Batasan Masalah

Permasalahan utama dalam proyek akhir ini adalah kebutuhan akan teknologi untuk pemetikan buah lada. Adapun rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang robot pemetik buah lada untuk proses pemetikan buah lada dengan menerapkan metode perancangan VDI 2222?
2. Bagaimana sistem kontrol elektronik untuk mengendalikan alat pemetik lada berbasis *remote control* nirkabel?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan proyek akhir yang berjudul “Rancang Bangun Robot Pemetik Lada” ini adalah:

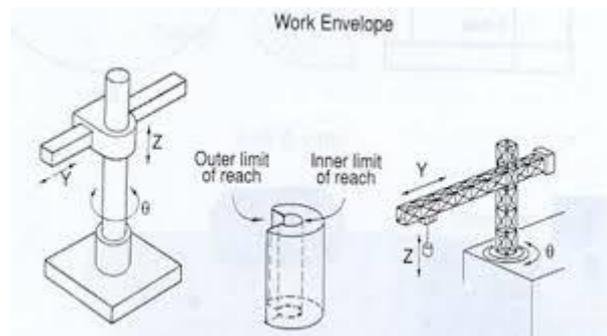
1. Merancang dan membuat alat pemetik lada; dan
2. Merancang dan membuat sistem kontrol elektronik untuk mengendalikan alat pemetik lada.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Robot Pemetik Lada

Robot pemetik lada adalah sebuah robot dengan tipe *cylindrical manipulator*, yang dirancang sebagai alat pemetik lada. Robot merupakan salah satu bidang yang populer dalam dunia pendidikan, industri, jasa, dan banyak bidang lainnya. Robot adalah sebuah unit yang berupa mekanikal atau fisikal maupun virtual yang memiliki kecerdasan.

Robot dengan tipe *cylindrical manipulator* memiliki dua gerakan linear dan satu gerakan memutar. Robot tipe ini mampu melakukan banyak gerakan yang merupakan hasil kombinasi dari gerakan linear dan memutarnya[5].



Gambar 2.1 Ruang Kerja Robot Tipe *Cylindrical Manipulator*

Berikut merupakan keunggulan dan kelemahan dari robot tipe *cylindrical manipulator*.

Tabel 2.1 Keunggulan dan Kelemahan Robot *Cylindrical Manipulator*

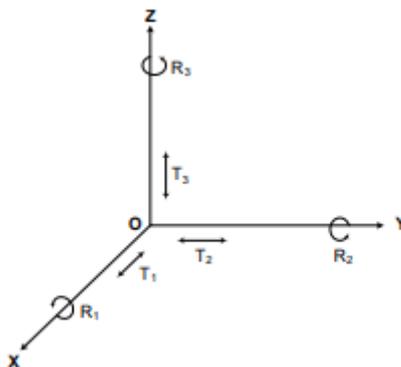
No.	Keunggulan	Kelemahan
1.	Struktur vertikalnya menghemat tempat.	Kemampuannya untuk mengulang pekerjaan dan tingkat ketepatannya rendah karena arah gerakan memutar.
2.	Pergerakan horizontalnya yang jauh sangat berguna dalam <i>Far-</i>	Konfigurasinya membutuhkan sistem kontrol yang lebih canggih

<i>Reaching Operating.</i>	karena gerakan memutar lebih sulit dihitung dibanding dengan gerakan linear.
3. Struktur vertikalnya menghemat tempat.	Kemampuannya untuk mengulang pekerjaan dan tingkat ketepatannya rendah karena arah gerakan memutar.

Alat ini dikendalikan menggunakan *remote control*. Proses perancangan alat menggunakan metodologi perancangan VDI 2222 dan sistem kontrol.

2.2 Derajat Kebebasan Gerak (*Degree Of Freedom*)

Derajat kebebasan (*Degree Of Freedom*) pada robot dapat diartikan sebagai jumlah gerakan independen yang dapat dibuat pada suatu objek terhadap sistem koordinat yang dapat menyebabkan perubahan posisi atau orientasi.



Gambar 2.2 Enam Derajat Kebebasan Pada Suatu Objek

Dalam menentukan jumlah derajat kebebasan yang dimiliki oleh sebuah robot tidak dapat dilakukan hanya dengan menghitung jumlah sendi (*joint*) yang dimiliki oleh robot, karena tidak semua gerakan independen yang dibuat oleh persendian dapat dikategorikan sebagai derajat kebebasan[6].

2.3 Metodologi Perancangan VDI 2222

Metode perancangan *Verein Deutsche Ingenieuer* (VDI 2222) merupakan metode yang disusun oleh persatuan insinyur Jerman secara sistematis terhadap pendekatan faktor kondisi real dari sebuah proses. Berikut ini merupakan 4 (empat) tahapan perancangan menurut metode VDI 2222[7].

1. Merencana / menganalisa

Tahap ini bertujuan untuk mendefinisikan pekerjaan yang akan dilakukan dengan cara mempelajari lebih lanjut permasalahan pada produk sehingga mempermudah perancang untuk mencapai tujuan atau target rancangan/ untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dengan mengumpulkan data-data pendukung seperti melakukan wawancara[8].

2. Mengkonsep

Pada tahap ini dibuat beberapa konsep dari produk yang dapat memenuhi tuntutan yang telah ditetapkan sebelumnya. Konsep produk menampilkan bentuk dan dimensi dasar produk, namun tidak perlu diberi ukuran detail[9].

a. Daftar tuntutan

Daftar ini berisi kebutuhan dan keinginan yang harus dicapai oleh rancangan. Daftar tuntutan dibuat berdasarkan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Daftar tuntutan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu tuntutan utama, tuntutan kedua, dan keinginan.

b. Menguraikan fungsi

Hal yang didapatkan untuk hal ini adalah uraian fungsi bagian mesin. Langkah awal yang dapat dilakukan adalah membuat analisa *black box* dan dilanjutkan dengan membuat ruang lingkup perancangan dan diagram fungsi bagian.

c. Membuat alternatif fungsi bagian

Pada tahap ini, perancangan membuat alternatif konsep untuk setiap fungsi bagian yang telah ditentukan sebelumnya. Pada alternatif konsep ini diperlukan hanya ukuran dasar dan bentuknya saja, tidak perlu mencantumkan

ukuran detail. Minimal harus ada 3 (tiga) alternatif konsep untuk melakukan penilaian konsep.

d. Membuat alternatif fungsi keseluruhan/varian konsep keseluruhan

Pada tahap ini dapat memadu padankan masing-masing alternatif fungsi bagian dengan menggunakan diagram atau tabel pemilihan.

e. Varian konsep

Pada tahap ini, dibuat sebuah rancangan sesuai dengan masing-masing alternatif fungsi bagian yang telah dipasangkan sebelumnya.

f. Penilaian varian konsep

Penilaian varian konsep dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis serta aspek ekonomis dari setiap konsep untuk mempermudah proses penilaian maka perlu menentukan bobot kebutuhan dari masing-masing fungsi bagian.

3. Merancang

Pada tahap ini, dilakukan optimalisasi dan perhitungan rancangan secara menyeluruh pada varian konsep yang terpilih. Optimalisasi yang dilakukan dapat berupa merancang komponen pelengkap produk, menghilangkan bagian kritis, atau melakukan perbaikan rancangan. Sedangkan perhitungan rancangan yang dilakukan dapat berupa perhitungan gaya-gaya yang bekerja, momen yang terjadi, daya yang dibutuhkan (pada transmisi), kekuatan bahan (material), pemilihan material, pemilihan bentuk komponen penunjang, faktor penting lain seperti faktor keamanan, keandalan, dan lain-lain. Hasil akhir dari tahap ini adalah rancangan yang lengkap dan siap dituangkan kedalam gambar teknik.

4. Penyelesaian Rancangan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan gambar kerja dan gambar susunan produk. Kemudian dilanjutkan dengan penyelesaian dokumen seperti gambar-gambar, daftar bagian, spesifikasi tambahan, petunjuk pengerjaan dan sebagainya

2.4 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah salah satu mikrokontroler pada ATMEGA 2560 yang mempunyai 54 input atau output digital yang mana 16 pin digunakan sebagai PWM keluaran, 16 masukan analog, dan di dalamnya terdapat 16 MHZ osilator Kristal, USB koneksi, *power*, ICSP, dan tombol *reset*. Kinerja Arduino ini memerlukan dukungan mikrokontroler dengan menghubungkannya pada suatu komputer dengan USB kabel untuk menghidupkannya menggunakan arus AC atau DC dan bisa juga dengan menggunakan baterai [10].



Gambar 2.3 Arduino Mega 2560

2.5 Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard*. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk Arduino versi 2.x). Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis *barrel jack*, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech[11].



Gambar 2.4 Arduino Nano

2.6 Power Supply

Power supply atau catu daya merupakan sebuah peralatan elektronika yang berfungsi sebagai penyedia daya (tegangan dan arus). Untuk peralatan lainnya dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan jala-jala ke nilai yang diutuhkan beban[12].

Power supply penggunaannya sangat khas sekali terutama di laboratorium. *Power supply* dapat diatur tegangannya menjadi sesuatu yang harus dipenuhi[13].



Gambar 2.5 Power Supply

2.7 Remote Control

Pengendalian pergerakan lengan robot menggunakan *wireless joystick*. Sebagai tombol input perintah untuk menggerakkan komponen-komponen pada robot pemetik lada[14].



Gambar 2.6 Remote Control Wireless Joystick

2.8 Motor Stepper

Motor stepper adalah salah satu jenis motor dc yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital. Prinsip kerja dari motor stepper adalah mengubah pulsa-pulsa

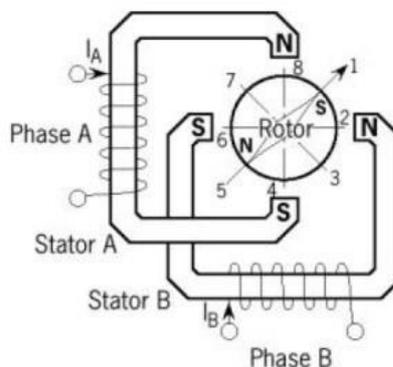
menjadi gerakan mekanis diskrit. Oleh karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Berdasarkan metode perancangan rangkaian pengendalinya, motor stepper dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

- Motor Stepper Unipolar, motor stepper ini lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu *switch* / transistor setiap lilitannya.
- Motor Stepper Bipolar, motor stepper ini memerlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Motor stepper bipolar memiliki torsi lebih besar dibandingkan dengan motor stepper unipolar untuk ukuran yang sama [15].



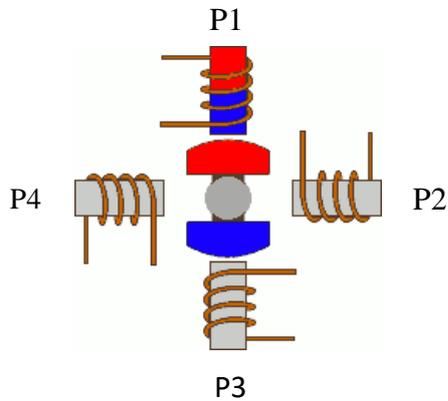
Gambar 2.7 Motor Stepper Nema 23

Untuk motor stepper bipolar, setiap lilitan A dan lilitan B harus diberikan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif atau sebaliknya.



Gambar 2.8 Rangkaian Pengendali Motor Stepper

Untuk mengatur putaran pada motor stepper dapat dilihat pada tabel dibawah ini.



Gambar 2.9 Pengaturan Putaran Motor Stepper

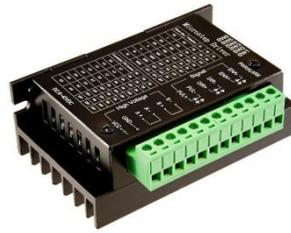
Tabel 2.2 Pengaturan Putaran Motor Stepper

Step	P1	P2	P3	P4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Pada tabel 2.1 arah putaran motor stepper yaitu CW (*clockwise*) atau searah putaran jarum jam. Untuk mengatur kecepatan putaran motor stepper yaitu dapat memberikan *delay* pada setiap perubahan step.

2.9 Driver TB6600

Driver motor bertugas untuk menjalankan motor baik mengatur arah putaran maupun kecepatan putar motor. Dengan *driver* motor kontrol tegangan menggunakan level tegangan secara langsung untuk mengatur kecepatan putaran motor. [16]



Gambar 2.10 Driver TB6600

2.10 Motor Servo

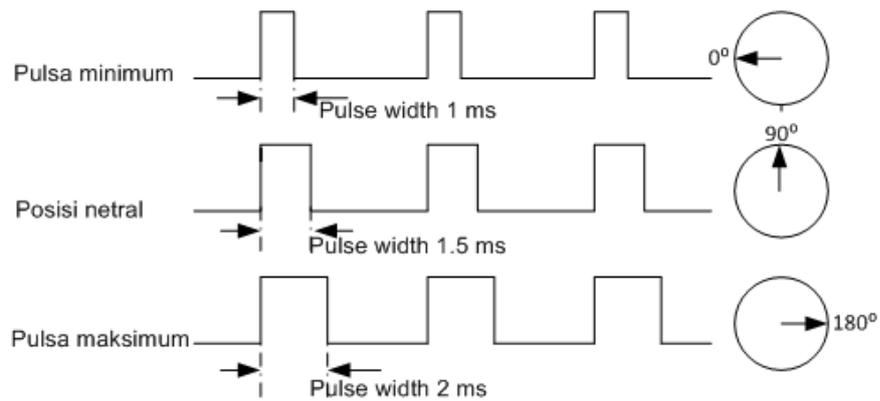
Motor servo adalah salah satu komponen elektronika berupa motor yang memiliki sistem *feedback* atau umpan balik guna memberikan informasi posisi putaran motor aktual yang diteruskan pada rangkaian mikrokontroler. Dalam sistem kerja robot pemetik lada, motor servo digunakan sebagai penggerak lengan *revolute joint*. Pada dasarnya motor servo banyak digunakan sebagai actuator yang membutuhkan posisi putaran motor yang presisi [17].



Gambar 2.11 Motor Servo RDS3115

Karakteristik dari motor servo yaitu motor servo bekerja berdasarkan sinyal modulasi lebar pulsa atau PWM (*Pulse Wide Modulation*) menggunakan kabel kontrol. Kabel kontrol akan memberikan sinyal pulsa dimana akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo.

lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90°. Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam).



Gambar 2.12 Bentuk Sinyal Motor Servo

2.11 Motor DC

Motor DC adalah salah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak berupa putaran. Pada motor DC, energi listrik yang digunakan adalah energi listrik dengan arus searah atau yang juga biasa dikenal dengan nama listrik DC. Oleh karena itu motor DC juga kerap disebut dengan nama motor arus searah.

Agar dapat bekerja, motor DC memerlukan *supply* tegangan searah atau tegangan DC yang disambungkan melalui dua terminalnya. Motor DC bekerja dengan menghasilkan putaran per menit atau yang juga biasa dikenal dengan istilah RPM. Motor DC dapat berputar searah maupun berlawanan arah jarum jam.

Untuk membalikan arah putaran, cukup dengan membalikan polaritas listriknya. Pada umumnya sebuah motor DC memerlukan tegangan antara 1,5 *volt* sampai dengan 24 *volt*[18] .



Gambar 2.13 Motor Dc

2.12 *Sensor Rotary Encoder*

Rotary encoder adalah komponen elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot, motor driver, dan sebagainya.

Terdapat dua jenis *rotary encoder* yang digunakan, *Absolute rotary encoder* dan *incremental rotary encoder*. Masing-masing *rotary encoder* ini akan dipaparkan pada bagian berikutnya.

2.12.1 *Absolute Rotary Encoder*

Absolute encoder menggunakan piringan dan sinyal optik yang diatur sedemikian sehingga dapat menghasilkan kode digital untuk menyatakan sejumlah posisi tertentu dari poros yang dihubungkan padanya. Piringan yang digunakan untuk *absolute encoder* tersusun dari segmen-segmen cincin konsentris yang dimulai dari bagian tengah piringan ke arah tepi luar piringan yang jumlah segmennya selalu dua kali jumlah segmen cincin sebelumnya.

Karena setiap cincin pada piringan *absolute encoder* memiliki jumlah segmen kelipatan dua dari cincin sebelumnya, maka susunan ini akan membentuk suatu sistem biner. Untuk menghasilkan sistem biner pada susunan cincin maka

diperlukan pasangan *LED* dan *photo-transistor* sebanyak jumlah cincin yang ada pada *absolute encoder* tersebut.

2.12.2 *Incremental Rotary Encoder*

Incremental encoder terdiri dari dua *track* atau *single track* dan dua sensor yang disebut *channel A* dan *channel B*. Ketika poros berputar, deretan pulsa akan muncul di masing-masing *channel* pada frekuensi yang proporsional dengan kecepatan putar sedangkan hubungan fasa antara *channel A* dan *B* menghasilkan arah putaran. Dengan menghitung jumlah pulsa yang terjadi terhadap resolusi piringan maka putaran dapat diukur. Untuk mengetahui arah putaran, dengan mengetahui *channel* mana yang *loading* terhadap *channel* satunya dapat kita tentukan arah putaran yang terjadi karena kedua *channel* tersebut akan selalu berbeda fasa seperempat putaran (*quadrature signal*). Seringkali terdapat output *channel* ketiga, disebut *index*, yang menghasilkan satu pulsa per putaran berguna untuk menghitung jumlah putaran yang terjadi[19].



Gambar 2.14 Incremental Rotary Encoder

2.13 *Bluetooth*

Bluetooth adalah teknologi yang memungkinkan dua perangkat yang kompatibel, seperti telepon dan PC untuk berkomunikasi tanpa kabel dan tidak memerlukan koneksi saluran yang terlihat. *Bluetooth* beroperasi dalam pita frekuensi 2,4 GHz (antara 2.402 GHz sampai 2.480 GHz) yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara *real-time* antara *host to host bluetooth* dengan jarak jangkauan layanan yang terbatas. *Bluetooth* dapat berupa card yang bentuk dan fungsinya hampir sama dengan card yang digunakan untuk *wireless local area network*(WLAN) dimana menggunakan frekuensi radio

standar IEEE 802.11, hanya saja pada *bluetooth* mempunyai jangkauan jarak layanan yang lebih pendek dan kemampuan transfer data yang lebih rendah.

2.13.1 *Bluetooth HC-05*

Serial Port Protocol (SPP) Modul *Bluetooth HC-05* digunakan untuk mengkonversi *port serial* yang berinterface dengan menggunakan kabel menjadi komunikasi serial dengan teknologi *wireless* atau tanpa kabel. *Bluetooth HC-05* menggunakan *BlueCore 4-External chip* yang merupakan sebuah *single chip radio and baseband IC* untuk *Bluetooth 2.4GHz* yang mengadopsi sistem *enhanced data rates (EDR)* yang memiliki kecepatan transfer data hingga 3 Mbps.

Bluetooth HC-05 memiliki dua mode kerja yakni *communication mode* dan *at mode*. *Communication mode* adalah kondisi ketika *bluetooth HC-05* siap untuk berkomunikasi dengan perangkat bluetooth yang lain baik sebagai *master* ataupun *slave*. Bluetooth sebagai *master* adalah kondisi dimana bluetooth tersebut difungsikan sebagai pengontrol komunikasi, atau ia bertugas mencari perangkat bluetooth yang berada disekitarnya dan mengirim permintaan komunikasi kepada perangkat bluetooth yang ditemukan. Sedangkan *slave* adalah kondisi dimana perangkat bluetooth menunggu datangnya permintaan untuk melakukan komunikasi.

Berdasarkan mode komunikasinya (*communication mode*) *bluetooth hc-05* memiliki dua mode kerja, yakni *order-response work mode* dan *automatic connection work mode*. Untuk *order-response work mode* maksudnya adalah komunikasi yang dijalin antar *bluetooth* dilakukan secara manual. Bisa dikatakan untuk mengkoneksikan dua buah *Bluetooth* menggunakan bantuan operator atau manusia. Sedangkan untuk *automatic connection work mode*, komunikasi yang dijalin antar *bluetooth* dilakukan secara otomatis ketika kedua bluetooth dalam kondisi aktif. Pada saat kedua bluetooth diberikan power maka *bluetooth Master* secara otomatis mencari *bluetooth Slave* yang memiliki alamat tertentu dan kemudian mengirim permintaan komunikasi. *Bluetooth Slave* akan merespon permintaan komunikasi tersebut jika syarat yang diperlukan terpenuhi.

At mode adalah *Bluetooth* masuk ke dalam mode khusus untuk pengaturan parameter, dimana parameter-parameter yang diatur tersebut berguna untuk menentukan cara *bluetooth* beroperasi, seperti *bluetooth* sebagai *Master* atau *Slave*, kecepatan komunikasi bluetooth, mengatur nama *bluetooth* dan lain sebagainya[20].



Gambar 2.15 *Bluetooth* HC-05

2.14 *Limit Switch Sensor*

Limit switch (saklar pembatas) adalah saklar atau perangkat elektromekanis yang mempunyai tuas aktuator sebagai pengubah posisi kontak terminal (dari *Normally Open/ NO* ke *Close* atau sebaliknya dari *Normally Close/NC* ke *Open*). *Limit switch* dibuat dengan sistem kerja yang dikontrol oleh dorongan atau tekanan (kontak fisik) dari gerakan suatu objek pada aktuator, sistem kerja ini bertujuan untuk membatasi gerakan ataupun mengendalikan suatu objek/mesin tersebut, dengan cara memutuskan atau menghubungkan aliran listrik yang melalui terminal kontakannya[21].



Micro Switch Omron SS-5GL

Gambar 2.16 *Limit Switch Sensor*

2.15 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi *electromagnet*. Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (*alarm*) [22].

2.16 Elemen Pengikat

2.16.1. Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan komponen pengikat yang mempunyai peranan yang sangat penting dalam suatu konstruksi mesin. Baut dan mur termasuk sambungan yang dapat dibuka tanpa merusak bagian yang disambung. Baut dan mur terdiri dari beraneka ragam bentuk, sehingga penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan. Pemilihan baut dan mur sebagai pengikat harus dilakukan dengan teliti untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan beban yang diterimanya sebagai usaha untuk menjaga kerusakan pada mesin maupun kecelakaan kerja. Beberapa faktor harus diperhatikan untuk menentukan ukuran baut dan mur, seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan dan kelas ketelitian.



Gambar 2.17 Macam-Macam Baut



Gambar 2.18 Macam-Macam Mur

Berikut ini beberapa keuntungan dan kerugian penggunaan baut dan mur sebagai elemen pengikat.

Tabel 2. 3 Keuntungan Dan Kerugian Dari Penggunaan Baut dan Mur

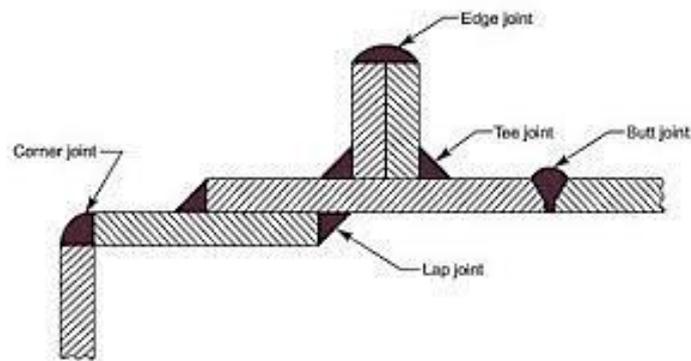
No.	Keuntungan	Kerugian
1.	Mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menerima beban.	Konsentrasi tegangan yang tinggi di daerah ulir
2.	Kemudahan dalam pemasangan	Sambungan baut dan mur lambat laun akan longgar sehingga perlu dicek secara berkala.
3.	Mudah dibongkar pasang tanpa perlu dirusak.	Mempengaruhi berat konstruksi karena menambah beban.
4.	Dapat digunakan untuk berbagai	

kondisi operasi

5. Mudah didapat karena komponen standar
-

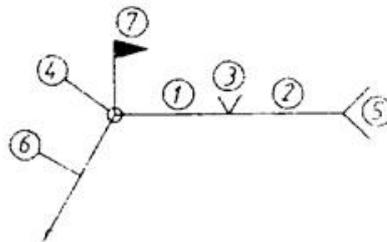
2.16.2. Pengelasan

Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Ada beberapa bentuk dasar sambungan las yang biasa dilakukan dalam penyambungan logam, bentuk tersebut adalah *butt joint*, *fillet/tee joint*, *lap joint*, *edge joint* dan *out-side corner joint*.



Gambar 2.19 Teknik Sambunngan Las Dasar

Berikut ini adalah penunjukkan pengelasan menggunakan metode proyeksi eropa.



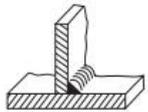
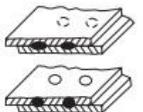
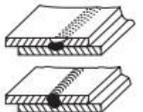
Gambar 2.20 Penunjukan Pengelasan

Keterangan :

1. Ukuran tebal las
2. Panjang pengelasan
3. Simbol pengelasan

4. Simbol untuk pengelasan keliling
5. Informasi lain yang perlu, misalkan proses pengelasan (dengan kode angka)
6. Garis penunjuk
7. Lambang untuk pengelasan dilapangan (jarang dicantumkan)

Tabel 2.4 Simbol Dasar Pengelasan

No.	Designation	Illustration	Symbol
1.	Butt weld between plates with raised edges (the raised edges being melted down completely)		
2.	Square butt weld		
3.	Single-V butt weld		
4.	Single-bevel butt weld		
5.	Single-V butt weld with broad root face		
6.	Single-bevel butt weld with broad root face		
7.	Single-U butt weld (parallel or sloping sides)		
8.	Single-U butt weld		
9.	Backing run; back or backing weld		
10.	Fillet weld		
11.	Plug weld; plug or slot weld		
12.	Spot weld		
13.	Seam weld		

Berikut ini beberapa keuntungan dan kerugian menggunakan pengelasan sebagai elemen pengikat [23].

Tabel 2. 5 Keuntungan dan Kerugian Menggunakan Pengelasan

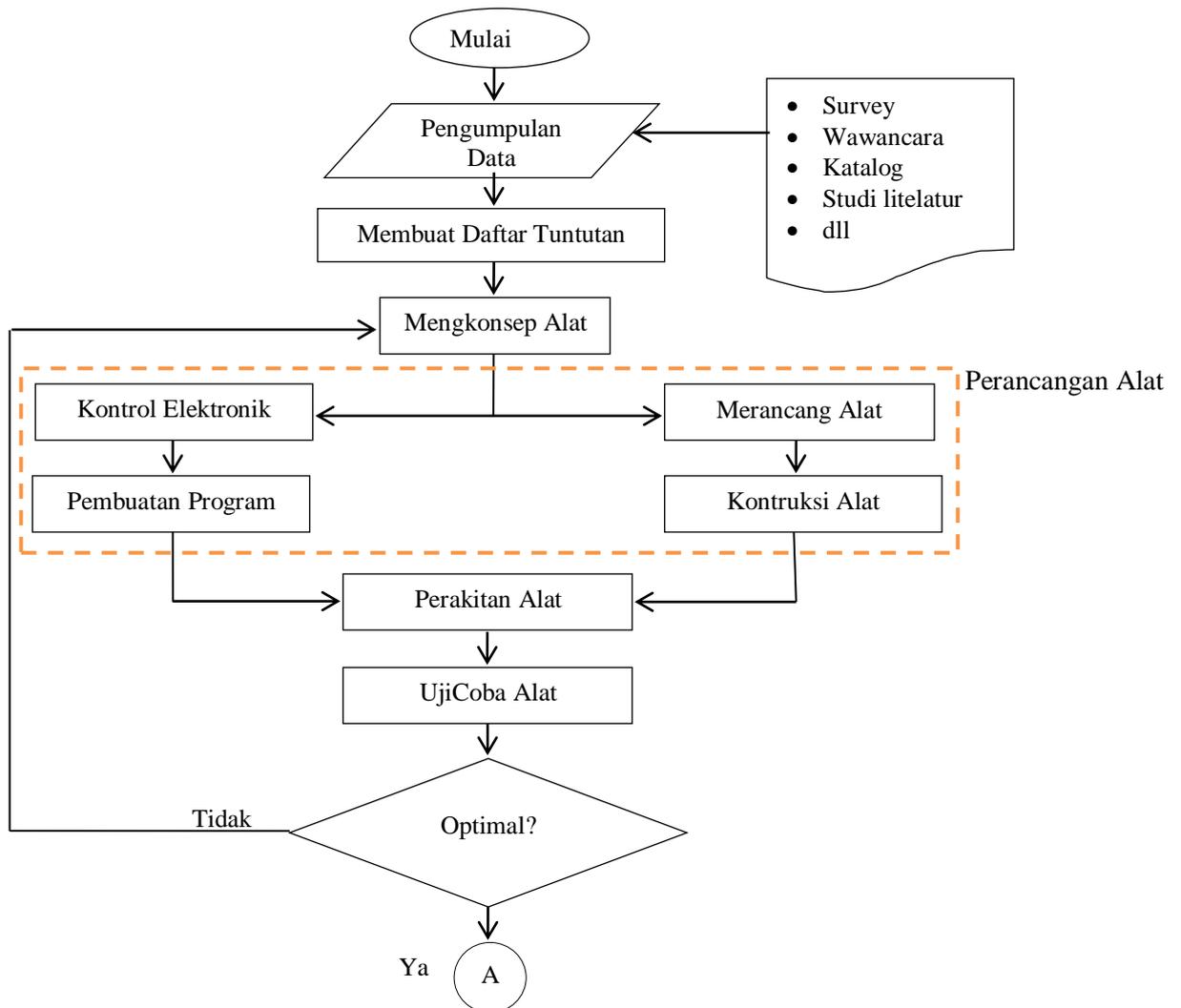
No.	Keuntungan	Kerugian
1.	Konstruksi ringan.	Perubahan struktur mikro dari bahan

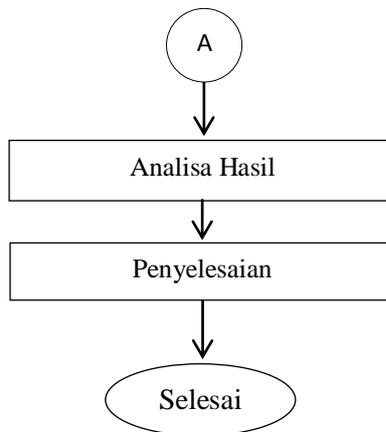
	yang dilas sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas.
2. Dapat menahan kekuatan yang tinggi.	Memerlukan tenaga ahli dalam perakitan.
3. Cukup ekonomis.	Konstruksi sambungan tidak dapat dibongkar pasang.
4. Kemungkinan terjadi korosi pada sambungan las rendah.	Perubahan struktur mikro dari bahan yang dilas sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas.
5. Tidak memerlukan perawatan khusus.	Memerlukan tenaga ahli dalam perakitan.

BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Tahapan Perancangan dan Pembuatan Alat

Dalam bab inidi uraikan langkah - langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan rancang bangun robot pemetik buah lada untuk proses panen lada dengan tujuan agar tindakan yang dilakukan lebih terarah dan terkontrol serta sebagai pedoman pelaksanaan proyek akhir agar target yang diharapkan dapat tercapai. Adapun langkah – langkah yang dilakukan mengacu pada metode perancangan VDI (*Verein Deutsche Ingenieure*) 2222 dan selanjutnya dijelaskan melalui diagram alir dibawah ini :





Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan

3.2 Tahapan-Tahapan Penelitian

3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan menggunakan beberapa metode untuk mendapatkan data yang diinginkan, antara lain menggunakan metode wawancara dengan mengajukan pertanyaan secara umum kepada salah satu petani lada di Desa Penyamun, terkait dengan alat bantu dalam proses panen buah lada. Selanjutnya dilakukan studi pustaka agar peneliti dapat menguasai teori maupun konsep dasar yang berkaitan dengan rancang bangun robot pemetik lada. 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 cara proses panen buah lada. Selain itu dilakukan *brainstorming* dengan orang-orang yang ahli dalam bidang manufaktur.

3.2.2 Membuat Daftar Tuntutan

Dalam tahapan ini, kebutuhan akan teknologi yang dibangun diuraikan dalam bentuk daftar tuntutan yang ingin dicapai dari pembuatan rancang bangun robot pemetik lada. Daftar tuntutan kemudian 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 alat, dan tuntutan ketiga alat dapat digunakan sebagaimana mestinya.



Gambar 3.2 Area Potong

3.2.3 Mengkonsep Alat

Dalam tahapan ini dijabarkan fungsi bagian utama rancang bangun robot pemetik lada dengan menggunakan diagram *black box*. Selanjutnya dibuat 3 (tiga) jenis alternatif untuk masing-masing fungsi alat yang diinginkan berdasarkan tuntutan, proses pembuatan komponen robot pemetik lada serta analisa keuntungan dan kerugian dari setiap alternatif.

Dalam tahapan ini, masing-masing alternatif fungsi bagian dipilih dan digabungkan satu sama lain sehingga terbentuk sebuah varian konsep rancang bangun robot pemetik lada. Tiga jenis varian konsep yang telah dikerjakan tersebut kemudian dibandingkan untuk dinilai berdasarkan tuntutan yang diinginkan sehingga dapat dipilih varian konsep yang benar-benar dapat memenuhi tuntutan yang diinginkan. Disamping itu pada setiap varian tersebut dianalisa keuntungan dan kerugiannya dengan tujuan untuk mempermudah dalam proses pemilihan.

3.2.4 Perancangan Alat

Dalam tahapan ini, proses perancangan alat diuraikan secara terstruktur, meliputi:

- Merancang Alat

Pada tahap ini, untuk menghasilkan alat yang sesuai dengan yang diinginkan maka dibutuhkan perencanaan konstruksi. Hal ini bertujuan untuk membuat suatu gambaran dan rancangan mengenai alat yang dibuat. Dalam tahapan ini dilakukan analisa perhitungan pada komponen – komponen yang kritis. Serta dibuatkan simulasi pergerakan dan pembebanan rancang bangun robot pemetik lada.

- Kontruksi Alat

Setelah merancang alat, selanjutnya pembuatan kontruksi alat. Proses pembuatan kontruksi ini dibuat secara bertahap.

- Kontrol Elektrik

Pada tahap ini melakukan pembuatan desain atau merancang bagaimana sistem pengontrolan yang akan dibuat.

- Pembuatan Program

Pembuatan program menggunakan *software* Arduino. Pembuatan program yang dilakukan meliputi pembuatan program *remote control*, pembuatan pogram pergerakan *revolve joint*, *prismatic joint*, dan pergerakan alat potong.

3.2.5 Perakitan Alat

Dalam tahapan ini, melakukan perakitan alat. Alat akan dirakit sedemikian rupa berdasarkan *design* yang telah ditentukan.

3.2.6 Uji Coba Alat

Uji coba alat dilakukan secara langsung yang mengacu pada ketentuan-ketentuan yang telah dilakukan sebelumnya. Pengujian ini dilakukan untuk melihat fungsi dari alat. Dari hasil uji coba alat dapat diketahui apakah proses kerja dan fungsi alat telah sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Jika sudah sesuai maka bisa ke tahap selanjutnya yaitu analisa hasil.

3.2.7 Optimal

Tahap ini dilakukan pengoptimalan pada alat yang telah diuji coba sebelumnya. Untuk hasil optimal, robot dapat meraih tangkai buah lada hingga ketinggian 95 cm dan robot dapat memetik tangkai buah lada.

3.2.8 Analisa Hasil

Tahap ini dilakukan jika uji coba telah dilakukan dan alat telah dipastikan bekerja dengan baik. Pada tahap ini, akan dilakukan analisa mengenai alat apakah ada *error* atau tidak

3.2.9 Penyelesaian

Tahapan penyelesaian yaitu pembuatan gambar susunan, gambar bagian dan simulasi pergerakan rancang bangun robot pemetik lada dengan menggunakan *software* yang dapat memberikan informasi tentang fungsi dan kegunaan rancang bangun robot pemetik lada. Pembuatan program elektrik dengan menggunakan *software* Arduino untuk mengontrol pergerakan robot pemetik lada.

BAB IV

PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai proses serta metode yang digunakan dalam pembuatan alat proyek akhir dengan judul “Rancang Bangun Robot Pemetik Lada” yaitu sebagai berikut:

4.1 Pendahuluan

Dalam bab ini akan diuraikan langkah-langkah yang dilakukan dalam penyelesaian rancangan alat robot pemetik lada. Metodologi perancangan yang digunakan dalam proses perancangan alat ini mengacu pada tahapan perancangan VDI (*Verein Deutsche Ingenieuer*) 2222, Persatuan Insinyur Jerman yang didapat dari referensi modul Metode Perancangan. Dan juga menggunakan sistem kontrol komputer untuk menggerakkan lengan robot.

4.2 Menganalisis

4.2.1 Analisa Pengembangan Awal

Proses pemetikan buah lada dengan menggunakan *remote control* yang berfungsi untuk menggerakkan *prismatic joint*, *revolute joint*, dan pemetik dari jarak yang telah ditentukan. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat mempermudah para petani dalam proses pemanenan lada.

4.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan *survey* dan wawancara dengan salah satu petani lada, studi *literatur* melalui jurnal maupun tulisan lain yang dapat mendukung penelitian, serta penelusuran di internet.

Dari hasil *survey* dan wawancara adalah didapatkan rata-rata diameter batang ± 50 cm dengan tinggi rata-rata batang mencapai 2meter dan jarak dari satu batang ke batang yang lain adalah 1 meter. Kecepatan pemetikan buah lada yang dilakukan para petani kurang lebih sekitar 5-7 detik dalam sekali pemetikan. Untuk proses pemetikan atau panen buah lada dibutuhkan tenaga pembantu agar

dapat memanen dengan cepat. Selain itu, pada saat panen buah lada dibutuhkan alat bantu seperti tangga agar petani dapat menjangkau buah lada ditempat yang tinggi.

Dari hasil studi *literature* yaitu untuk mekanisme penggerak pada proses pemetikan menggunakan motor dc, pada lengan (*revolute joint*) menggunakan mekanisme penggerak dari motor servo, dan kontruksi utama (*prismatic joint*) menggunakan mekanisme motor stepper dan juga menggunakan sensor *rotary encoder* sebagai sistem pengaturan kecepatan pada pergerakan. Begitu juga dengan bahan-bahan yang akan digunakan pada kontruksi tersebut.

4.3 Mengkonsep

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dikerjakan dalam mengkonsep alat robot pemetik lada ini.

4.3.1. Daftar Tuntutan

Dibawah ini merupakan beberapa tuntutan yang ingin diterapkan pada alat Robot Pemetik Lada dan dikelompokkan kedalam 3 (tiga) jenis tuntutan.

Tabel 4.1Daftar Tuntutan

No.	Tuntutan Utama	Deskripsi
1.	Bagian tanaman yang dipotong	Tangkai lada
2.	Motor penggerak	Motor DC, motor stepper, dan motor servo
3.	Sistem kontrol	Arduino
4.	Jumlah pemetikan	1 tangkai lada
5.	Jumlah DOF	3 DOF
Tuntutan Kedua		Deskripsi
1.	Aktuator	Dapat bergerak secara bersamaan apabila menekan salah satu tombol di <i>remote control</i> .

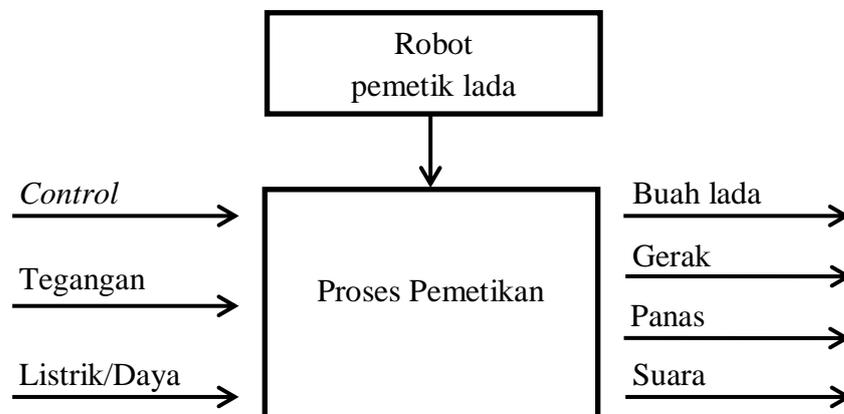
2.	Kecepatan <i>prismatic joint</i> dapat diatur	Kecepatan pada <i>prismatic</i> dapat diatur berdasarkan kebutuhan.
3.	Rangka robot	Rancangan yang fleksibel agar robot dapat berdiri dengan kokoh dan seimbang
No	Keinginan	
1.	<i>Portable</i> /ringkas	
2.	Pengoperasian menggunakan <i>remote control</i>	
3.	Kokoh (konstruksi rangka)	
4.	Rapih	
5.	Ergonomis	
6.	Warna menarik	

4.3.2. Metode Penguraian Fungsi

Pada tahapan ini dilakukan proses pemecahan masalah dengan menggunakan *black box* untuk menentukan fungsi bagian utama pada Robot pemetik lada.

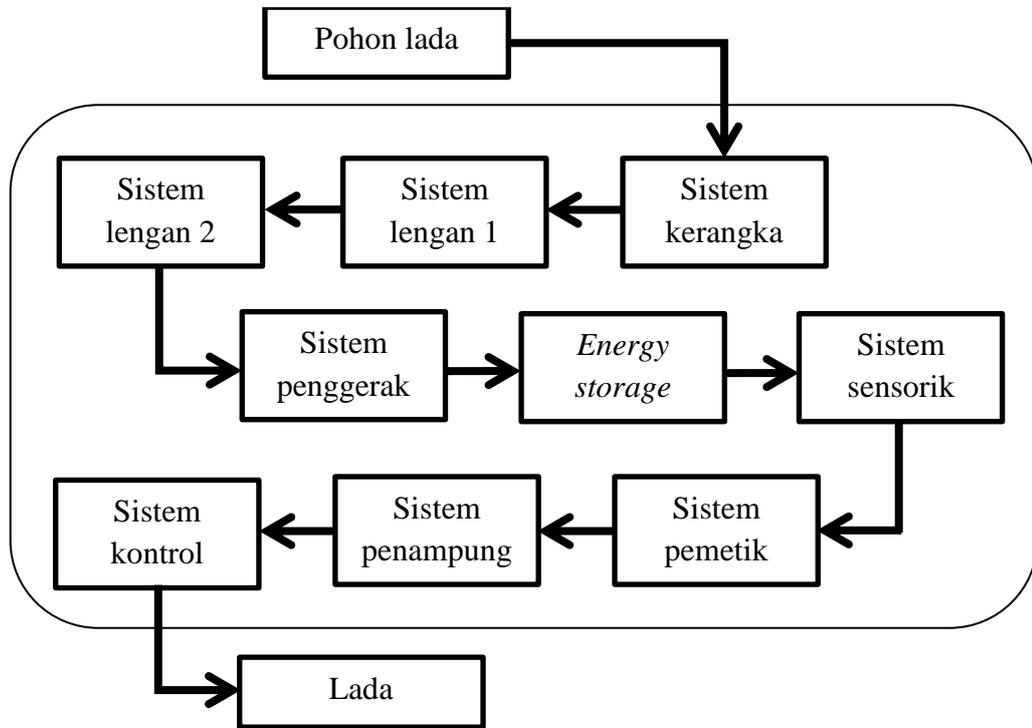
4.3.2.1. Black Box

Berikut ini merupakan analisa *black box* pada Robot Pemetik Lada.



Gambar 4.1 *Black Box*

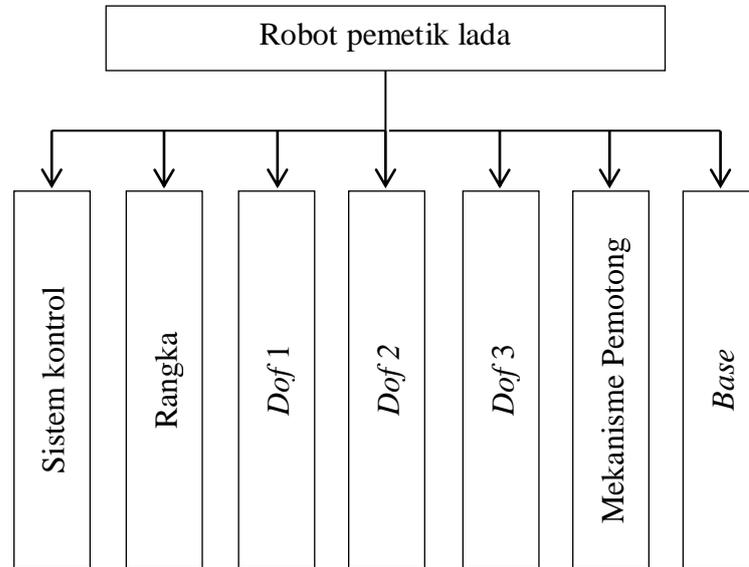
Dibawah ini merupakan ruang lingkup perancangan pada robot pemetik lada, menerangkan tentang daerah yang dirancang pada robot pemetik lada.



Gambar 4.2 Diagram Struktur Fungsi

Deskripsi dari struktur fungsi alat pemetik yaitu sistem rangka berfungsi untuk memperkokoh konstruksi. Sistem lengan terdapat 3 (tiga) *dof*, *dof 1* (satu) untuk *prismatic joint* (naik turun lengan), *dof 2* (dua) untuk *revolute joint 1* (bergerak kekanan dan kekiri), dan *dof 3* (tiga) untuk *revolute joint 2* (bergerak kekanan dan kekiri). Sistem penggerak menggunakan motor stepper sebagai pembawa naik turun lengan, motor servo sebagai pembawa gerak kanan kiri lengan, dan motor dc sebagai penggerak *roller* dan pemotong. *Energy storage* menggunakan *power supply*. Sistem sensorik menggunakan sensor *rotary encoder* sebagai sensor jarak dan *limit switch*. Sistem pemetik menggunakan *roller* yang dilapisi dengan busa yang berfungsi untuk menarik tangkai lada, kemudian menggunakan gunting/*cutter* untuk pemotong tangkai lada. Sistem penampung menggunakan wadah yang telah disediakan. Sistem kontrol menggunakan *remote control* sebagai pengendali yang telah terhubung ke mikrokontroler Arduino.

Berdasarkan diagram struktur fungsi bagian diatas selanjutnya dirancang alternatif solusi perancangan robot pemetik berdasarkan sub fungsi bagian seperti ditunjukkan pada diagram dibawah ini.



Gambar 4.3 Diagram Pembagian Sub Fungsi Bagian

4.3.2.2. Tuntutan Fungsi Bagian

Pada tahapan ini mendeskripsikan tuntutan yang diinginkan dari masing-masing fungsi bagian (Gambar 4.3.) sehingga dalam pembuatan alternatif dari fungsi bagian Robot *pemetik* sesuai dengan yang diinginkan. Berikut ini deskripsi sub fungsi bagian Robot *pemetik* lada.

Tabel 4.2 Deskripsi Sub Fungsi

No.	Fungsi bagian	Deskripsi
1.	Sistem Kontrol	Berfungsi untuk mengatur pergerakan robot dan proses pemetikan
2.	Fungsi Rangka	Keseluruhan rangka mampu menahan tegangan-tegangan yang terjadi sehingga keseluruhan alat stabil dan ada dalam keadaan ideal saat terjadi proses Pemetikan.
3.	Fungsi <i>dof 1</i>	<i>Prismatic joint 1</i> berfungsi untuk mengatur tinggi lengan robot.

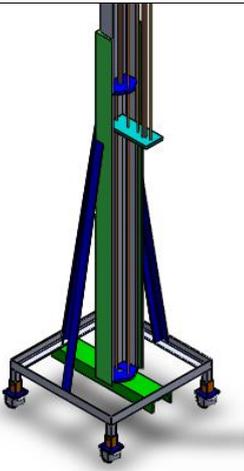
4. Fungsi <i>dof 2</i>	<i>Revolute joint 1</i> berfungsi mengatur posisi pemetik.
5. Fungsi <i>dof 3</i>	<i>Revolute joint 2</i> berfungsi mengatur posisi pemetik.
6. Mekanisme Pemotong	Berfungsi untuk memotong tangkai buah lada.
7. <i>Base</i>	Digunakan sebagai kaki yang bisa menahan robot untuk berdiri kokoh, sekaligus sebagai tumpuan bagi komponen lainnya.

4.3.3. Alternatif Fungsi Bagian

Pada tahapan ini disusun rencana komponen yang digunakan dan alternatif masing-masing fungsi bagian dari robot pemetik lada yang dirancang. Pengelompokan alternatif disesuaikan dengan deskripsi sub fungsi bagian (Tabel 4.3) dan dilengkapi gambar rancangan beserta keuntungan dan kerugian.

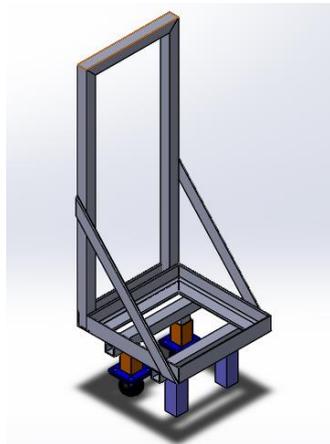
1. Fungsi Rangka

Tabel 4.3 Alternatif Fungsi Rangka

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
A.1		- Kuat menahan beban yang besar - Mampu meredam getaran	- Tidak biasa dibongkar pasang - Sulit diassembly

Rangka plat profile dengan perakitan las.

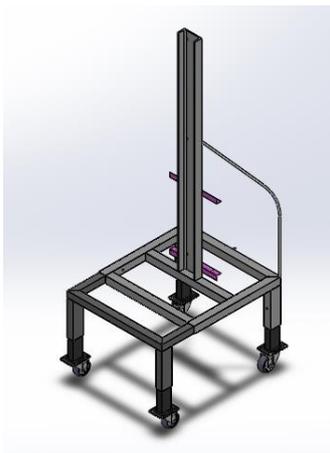
A.2



Rangka pelat profil
dengan perakitan baut

- Material mudah didapat
- mudah di bongkar pasang
- sulit dalam proses peng-assembly-an
- Kurang bisa meredam getaran
- komponen yang digunakan banyak
- konstruksi kurang kokoh

A.3

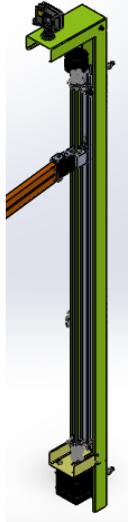
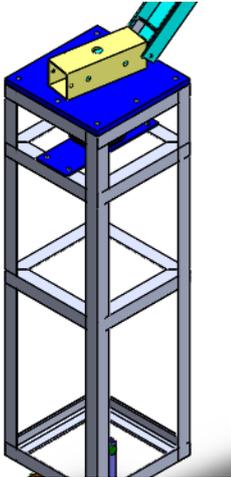


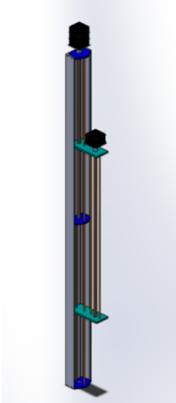
Rangka pelat profil
dengan perakitan baut

- Mudah diassembly
 - Mampu meredam getaran
 - Material mudah didapat
 - Kontruksi lebih kokoh
 - Sulit dibongkar pasang
 - Material yang digunakan banyak
-

2. Fungsi *Dof 1*

Tabel 4.4 Alternatif Fungsi *Dof 1*

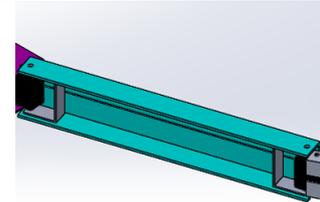
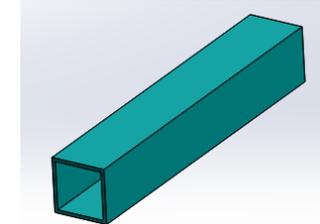
No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
B.1	 <p><i>Prismatic joint</i> memiliki panjang 1m.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Konstruksi sederhana - Komponen yang diperlukan lebih sedikit. - Proses <i>assembly</i> lebih mudah. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ruang gerak yang di dapat lebih sedikit - Mudah <i>banding</i> pada ulir - Tidak dapat berputar 360°
B.2	 <p><i>Revolute joint</i> langsung tersambung dengan motor yang bisa berputar 360°, menggunakan alumunium hollow.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat berputar 360° - Konstruksi sederhana 	<ul style="list-style-type: none"> - Memerlukan penambahan komponen untuk proses naik dan turun (menjangkau yang lebih tinggi)

B3		<ul style="list-style-type: none"> - Konstruksi sederhana - Mampu menjangkau tempat yang lebih tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak dapat berputar 360° - Proses <i>assembly</i> lumayan sulit.
----	---	---	--

Prismatic joint memiliki tinggi 2 m dan mempunyai 2 slider.

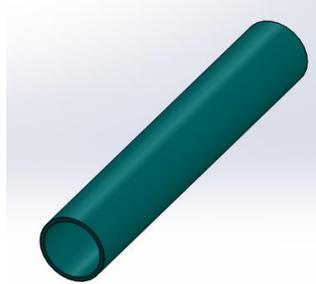
3. Fungsi *Dof 2*

Tabel 4.5 Alternatif Fungsi *Dof 2*

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
C.1	 <p><i>Revolute joint</i> 2 batang alumunium siku, perakitan menggunakan baut</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan mudah didapatkan - Bahan ringan - Mudah dalam penyambungan dengan akuator. - Fleksibel 	<ul style="list-style-type: none"> - Memerlukan penambahan komponeen untuk proses naik dan turun.
C.2	 <p><i>Revolute joint</i> menggunakan alumunium hollow sama</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan mudah didapatkan - Bahan ringan - fleksibel 	<ul style="list-style-type: none"> - Sulit melakukan <i>assembly</i> pada aktuator - Susah di modifikasi

sisi.

C.3

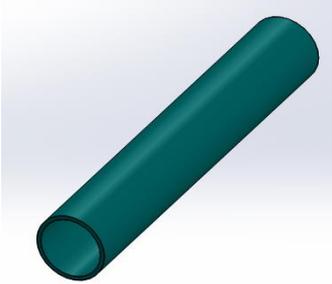
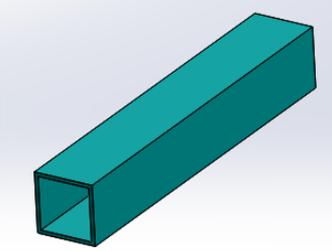


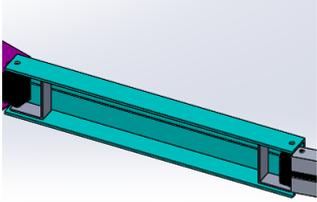
Revolute joint menggunakan
aluminium hollow.

- Bahan mudah didapatkan
- Bahan ringan
- Fleksibel
- Sulit melakukan *assembly* pada aktuator
- Susah di modifikasi

4. Fungsi *Dof 3*

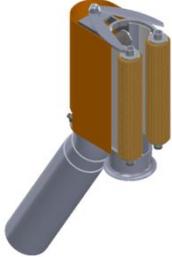
Tabel 4.6 Alternatif Fungsi *Dof 3*

No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
D.1	 <p><i>Revolute joint 3</i> batang aluminium siku, perakitan menggunakan baut</p>	<ul style="list-style-type: none">- Bahan mudah didapatkan- Fleksibel- Bahan ringan	<ul style="list-style-type: none">- Sulit melakukan <i>assembly</i> pada aktuator- Susah di modifikasi
D.2	 <p><i>Revolute joint 3</i> batang aluminium hollow, perakitan</p>	<ul style="list-style-type: none">- Bahan mudah didapatkan- Bahan ringan- fleksibel	<ul style="list-style-type: none">- Sulit melakukan <i>assembly</i> pada aktuator- Susah di modifikasi

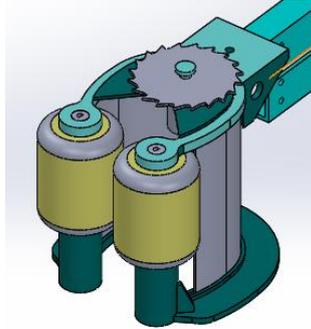
	menggunakan baut		
D.3	 <p><i>Revolute joint</i> 3 batang aluminium hollow, perakitan menggunakan baut</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan mudah didapatkan - Bahan ringan - Mudah dalam penyambungan dengan akuator. - Fleksibel 	<ul style="list-style-type: none"> - Sulit melakukan <i>assembling</i> pada aktuator - Susah di modifikasi

5. Pemetik

Tabel 4.7 Pemetik

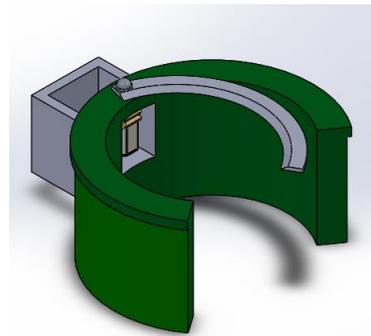
No.	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
E.1		<ul style="list-style-type: none"> - Proses pemetikan lebih efisien - Fleksibel - Pemetikan lebih presisi - Kontruksi lebih kokoh 	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan proses yang panjang untuk membuatnya - Ruang benda terlalu besar - Komponen yang di perlukan banyak

E2



- Proses pemetikan lebih efisien
 - Fleksibel
 - Bisa di lepas dan di pasang dengan mudah.
 - Material mudah didapat.
 - Proses assembly lebih mudah.
- Memerlukan kepresisian tinggi
 - Ruang benda rerlalu besar

E3



- Bahan mudah didapat
 - Assembly lebih mudah
- Proses pemetikan lumayan sulit karna harus mengatur posisi yang sangat pas
 - Proses pembuatan lumayan sulit
 - Bahan sulit didapat
 - Kontruksi kurang kokoh

4.3.4. Pembuatan Alternatif Keseluruhan

Pada tahap ini alternatif fungsi bagian dipilih dan digabung satu sama lain sehingga terbentuk sebuah varian konsep *Robot Pemetik* dengan jumlah varian minimal 3 jenis varian konsep. Hal ini dimaksudkan agar dalam proses pemilihan terdapat perbandingan dan diharapkan dapat dipilih varian konsep yang dapat memenuhi tuntutan yang diinginkan.

Tabel 4.8 Kotak Morfologi

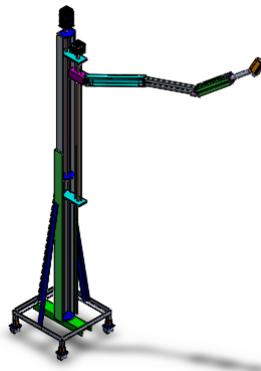
No.	Fungsi Bagian	Varian Konsep (V)		
		Alternatif Fungsi Bagian		
1.	Fungsi rangka/ <i>base</i>	A.1	A.2	A.3
2.	Fungsi <i>dof 1</i>	B.1	B.2	B.3
3.	Fungsi <i>dof 2</i>	C.1	C.2	C.3
4.	Fungsi <i>dof 3</i>	D.1	D.2	D.3
5.	Fungsi pemetik	E.1	E.2	E.3
		V.I	V.II	V.III

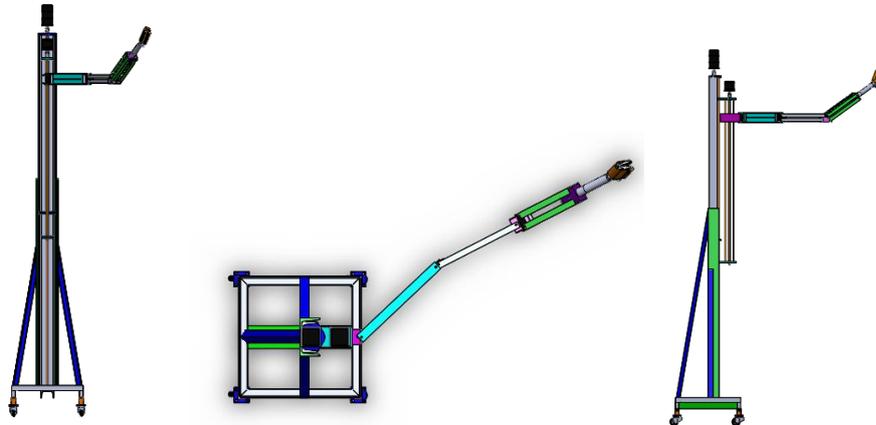
Dengan menggunakan kotak morfologi, alternatif-alternatif fungsi bagian tersebut dikombinasikan menjadi alternatif fungsi secara keseluruhan. Untuk mempermudah dalam membedakan varian konsep yang telah disusun disimbolisasikan dengan huruf “V” yang berarti varian.

4.3.5. Variasi Konsep

Berdasarkan kotak morfologi pada pembahasan sebelumnya, maka diperoleh 3 (tiga) varian konsep yang ditampilkan dalam model 3D. Dibawah ini adalah 3 (tiga) varian konsep robot pemetik ladayang telah dikombinasikan berdasarkan kotak morfologi (Tabel 4.8.), ketiga varian konsep tersebut adalah sebagai berikut:

1. Varian Konsep 1





Gambar 4.4 Varian Konsep 1

Varian konsep I merupakan ajuan pada daftar tuntutan agar dapat memetik buah lada yang lebih tinggi, dengan memiliki 2 slider yang masing-masing slider tersebut memiliki panjang 1 (satu) meter, sehingga total dari slider tersebut mencapai 2 (dua) meter. Dan memiliki 3 (tiga) lengan yang memiliki panjang maksimal 0,3 meter. Sehingga setelah kita totalkan panjang dari robot ini melebihi 2 (dua) meter. Rangka yang langsung tersambung ke dof 1 (satu) dengan pergerakan ke naik dan turun, diteruskan dof 2 (dua) dan dof 3 (tiga) dengan pergerakan kekiri dan kanankemudian dof 4 (empat) dengan pergerakan keatas dan bawah, terakhir tersambung ke pemetik.

Cara kerja:

- *Power supply* memberiteganganke komponen Dc-Dc converter, driver motor stepper, *driver* motor DC, dan Arduino mega 2560.
- *Remote control* sebagai pengendali jarak jauh yang terhubung ke Arduino nano. Arduino nano berperan sebagai pengolah sinyal dari *remote control* yang kemudian sinyal tersebut dikirimkan secara nirkabel melalui beluetooth hc-05 yang di-*set* sebagai *master*.
- Arduino mega 2560 menerimasinyalnirkabel dari modul Bluetooth hc-05 yang dikirim dari *remote control* menggunakan Bluetooth hc-05 yang di-*set* sebagai *slave* (penerimasinyal).

- Dari *remote control* menggerakkan slider (dof 1) naik turundenganmenekantombol analog kiriarahatas (untuknaik) dantombol analog kiriarahbawah (untukturun).
- Danuntukmenggerakkan *revolute joint* ataulengan (*dof 2* dan *dof 3*) dapatmengarahkantombol analog kiriarahkiriuntukpergerakankekiri, sedangkantombol analog kiriarahkananuntukpergerakankekanan.
- Dari *remote control* menggerakkan slider (dof 4) naik turundenganmenekantombol analog kananarahatas (untuknaik) dantombol analog kananarahbawah (untukturun).
- Setelahposisisesuaidengan yang diinginkanyaituselanjutnyamengaktifkan *roller*. Untukmengaktifkan *roller* makaharusmenekantombolpersegi, sedangkanuntukmenonaktifkan *roller* denganmenekantombol lingkaran.Saat *roller* aktif, *roller* akanmenarikbuahladakedalamhinggakeposisisiapdipotong.
- Kemudianmengaktifkanpemotongdenganmenekantombolsilang, sedangkanuntukmenonaktifkanpemotongdenganmenekantombolsegitiga.Ketika buahladadalamposisisiapdipotong, maka operator dapatmengaktifkanpemetikdankemudianbuahladaterpotong.

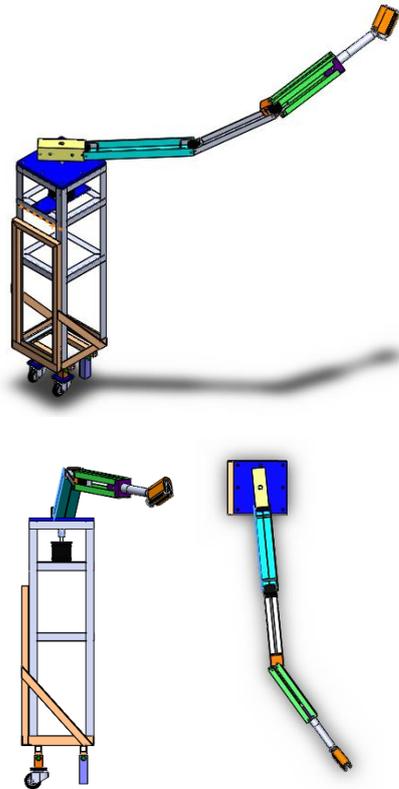
Keuntungan:

- Varian ini mampu menjangkau target dalam proses pemetikan mencapai 2 meter diluar dari jarak lengan.

Kerugian:

- Daerah jangkauan dari pergerakan lengan hanya mencapai 140° .
- Selan itu proses perakitan lumayan rumit.

2. Varian Konsep II



Gambar 4.5 Varian Konsep II

Varian konsep II merupakan alternatif yang kami ajukan agar dapat berputar 360° . Dikarenakan tinggi rangka telah mencapai 1 meter, dan panjang keseluruhan lengan mencapai 1 meter. Dari rangka yang langsung tersambung ke dof 1 kemudian pergerakan dof 1 berputar 360° dengan pergerakan ke atas dan bawah, diteruskan dof 2 dan dof 3 dengan pergerakan kekiri dan kanan kemudian dof 4 dengan pergerakan ke atas dan bawah, terakhir tersambung ke pemetik.

Cara kerja:

- *Power supply* memberitengangan ke komponen Dc-Dc converter, driver motor stepper, *driver motor* DC, dan Arduino mega 2560.
- *Remote control* sebagai pengendali jarak jauh yang terhubung ke Arduino nano. Arduino nano berperan sebagai pengolah sinyal dari *remote control* yang kemudian sinyal tersebut dikirimkan secara nirkabel melalui bluetooth hc-05 yang di-*set* sebagai master.

- Arduino mega 2560 menerimasinyal nirkabel dari modul Bluetooth hc-05 yang dikirim dari *remote control* menggunakan Bluetooth hc-05 yang di-set sebagai *slave* (penerima sinyal).
- Dari *remote control* menggerakkan (dof 1) naik berputar dengan menekan tombol analog kiri arah kiri (untuk berlawanan jarum jam) dan tombol analog kiri arah kanan (untuk searah jarum jam).
- Dan untuk menggerakkan *revolute joint* atau lengan (dof 2 dan dof 3) dapat mengarahkan tombol analog kiri arah kiri untuk pergerakan ke kiri, sedangkan tombol analog kiri arah kanan untuk pergerakan ke kanan.
- Dari *remote control* menggerakkan slider (dof 4) naik turun dengan menekan tombol analog kanan arah atas (untuk naik) dan tombol analog kanan arah bawah (untuk turun).
- Setelah posisi sesuai dengan yang diinginkan yaitu selanjutnya mengaktifkan *roller*. Untuk mengaktifkan *roller* maka harus menekan tombol persegi, sedangkan untuk menonaktifkan *roller* dengan menekan tombol lingkaran. Saat *roller* aktif, *roller* akan menarik buah ladang ke dalam hingga ke posisi siap dipotong.
- Kemudian mengaktifkan pemotong dengan menekan tombol silang, sedangkan untuk menonaktifkan pemotong dengan menekan tombol segitiga. Ketika buah ladang dalam posisi siap dipotong, maka operator dapat mengaktifkan pemetik dan kemudian buah ladang terpotong.

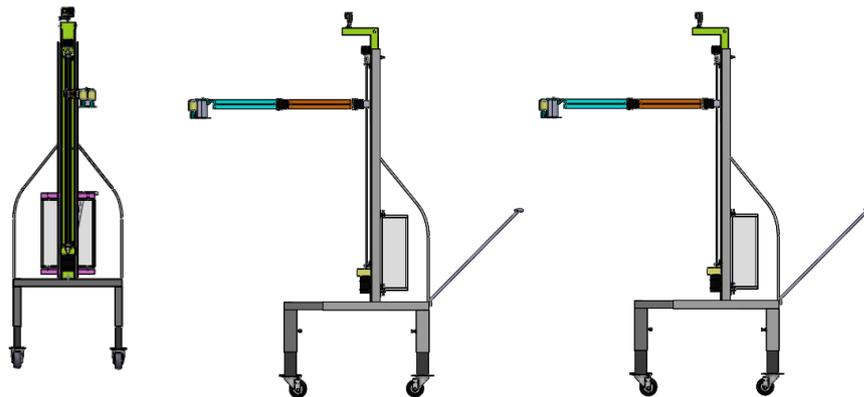
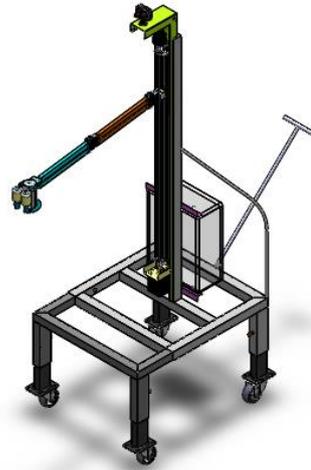
Keuntungan:

- Varian ini mampu menjangkau target dalam proses pemetikan .
- Varian ini dapat menjangkau target dengan daerah jangkauan mencapai 360°.

Kerugian:

- Daerah jangkauan dari proses pemetik kurang dari 2 meter.
- Selain itu proses perakitan lumayan rumit.
- Kepresisian yang tinggi.

3. Varian Konsep III



Gambar 4.6 Varian Konsep III

Varian konsep III merupakan ajuan pada daftar tuntutan agar dapat memetik buah lada yang lebih tinggi, dengan memiliki 2 slider yang masing-masing slider tersebut memiliki panjang 1 meter, sehingga total dari slider tersebut mencapai 2 meter. Dan memiliki 3 lengan yang memiliki panjang maksimal 0,3 meter. Sehingga setelah ditotalkan panjang dari robot ini melebihi 2 meter. Rangka yang langsung tersambung ke dof 1 dengan pergerakan ke naik dan turun, diteruskan dof 2 dan dof 3 dengan pergerakan kekiri dan kanan kemudian terakhir tersambung ke pemetik.

Cara kerja:

- *Power supply* memberitegangankekomponen Dc-Dc converter, driver motor stepper, *driver* motor DC, dan Arduino mega 2560.
- *Remote control* sebagai pengendali jarak jauh yang terhubung ke Arduino nano. Arduino nano berperan sebagai pengolah sinyal dari remote control yang kemudian sinyal tersebut dikirimkan secara nirkabel melalui bluetooth hc-05 yang di-*set* sebagai master.
- Arduino mega 2560 menerimasinyalnirkabel dari modul Bluetooth hc-05 yang dikirim dari *remote control* menggunakan Bluetooth hc-05 yang di-*set* sebagai *slave* (penerima sinyal).
- Dari *remote control* menggerakkan (dof 1) naik berputar dengan menekantombol analog kiri arah kiri (untuk berlawanan jarum jam) dan tombol analog kiri arah kanan (untuk searah jarum jam).
- Dan untuk menggerakkan *revolute joint* atau lengan (dof 2 dan dof 3) dapat mengarahkan tombol analog kiri arah kiri untuk pergerakan ke kiri, sedangkan tombol analog kiri arah kanan untuk pergerakan ke kanan.
- Setelah posisi sesuai dengan yang diinginkan yaitu selanjutnya mengaktifkan *roller*. Untuk mengaktifkan *roller* maka harus menekantombol persegi, sedangkan untuk menonaktifkan *roller* dengan menekantombol lingkaran. Saat *roller* aktif, *roller* akan menarik buah ladak dalam hingga ke posisi siap dipotong.
- Kemudian mengaktifkan pemotong dengan menekantombol silang, sedangkan untuk menonaktifkan pemotong dengan menekantombol segitiga. Ketika buah ladak dalam posisi siap dipotong, maka operator dapat mengaktifkan pemetik dan kemudian buah ladak terpotong.

Keuntungan:

- Varian ini mampu menjangkau target dalam proses pemetikan hingga 2 meter.
- Pada rangka juga mudah menyesuaikan permukaan tanah.
- Perakitan lumayan mudah.

Kerugian:

- Daerah jangkauan dari pergerakan lengan hanya mencapai 140°.

4.3.6. Penilaian Variasi Konsep

4.3.6.1. Kriteria Penilaian

Setelah menyusun alternatif fungsi keseluruhan, penilaian variasi konsep dilakukan untuk memutuskan alternatif yang akan ditindaklanjuti ke proses optimasi dan pembuatan draft. Kriteria aspek penilaian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu penilaian aspek teknis dan aspek ekonomis. Skala penilaian yang diberikan untuk menilai setiap varian terdapat pada tabel dibawah.

Tabel 4.9 Skala Penilaian Varian Konsep

4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Cukup Baik	Kurang Baik

4.3.6.2. Penilaian Dari Aspek Teknis

Berikut merupakan kriteria penilaian dari aspek teknis robot pemetik lada.

Tabel 4.10 Kriteria Penilaian Teknis

No	Kriteria	Bobot	Total Nilai	Varian	Varian	Varian
.	Penilaian		Ideal	Konsep I	Konsep II	Konsep III
1	Fungsi pemetik					
	Pemetik	4	4	16	4	16
	<i>Dof 1</i>	4	4	16	3	12
	<i>Dof 2</i>	4	3	12	3	12
	<i>Dof 3</i>	4	3	12	3	12
	Rangka	4	4	16	3	12
					2	8
						4
						16
2	Pembuatan	4	4	16	2	8
					3	12
						4
						16
3	Komponen standar	4	3	12	2	8
					2	8
						3
						12
4	perakitan	4	4	16	2	8
					3	12
						4
						16
5	Perawatan	4	3	12	4	16
					3	12
						4
						16
6	keamanan	4	4	16	3	12
					2	8
						4
						16

7	Ergonomis	4	4	16	3	12	3	12	3	12
	Total			160		128		124		152
	% Nilai			100%		80%		78%		95%

4.3.6.3. Penilaian Dari Aspek Ekonomis

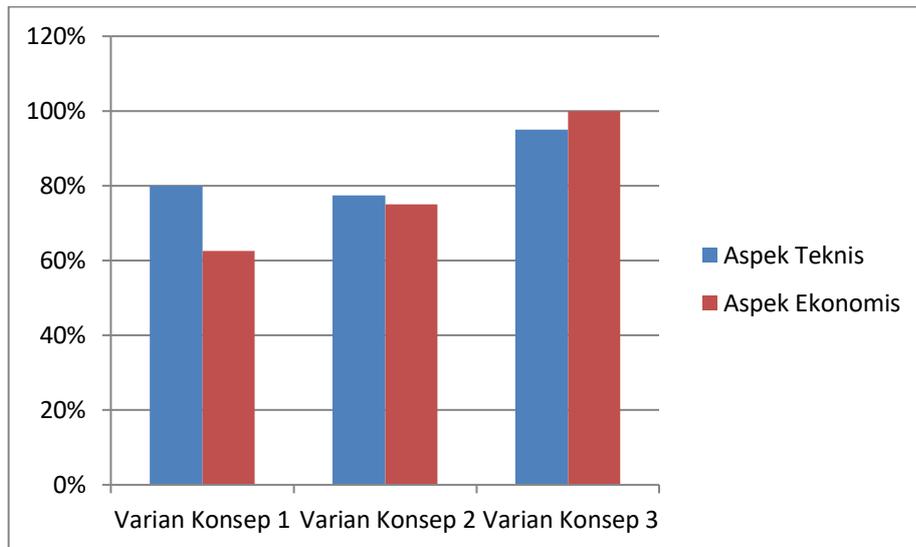
Berikut merupakan kriteria penilaian dari aspek teknis robot pemetik lada.

Tabel 4.11 Kriteria Penilaian Ekonomis

No	Kriteria Penilaian	Bobot	Total	Varian	Varian	Varian	Varian	Varian	Varian	Varian
.			Nilai	Konsep I	Konsep II	Konsep III				
			Ideal							
1	biaya pembuatan	4	4	16	2	8	3	12	4	16
2	biaya perawatan	4	4	16	3	12	3	12	4	16
	Total			32		20		24		32
	% Nilai			100%		63%		75%		100%

4.3.7. Keputusan

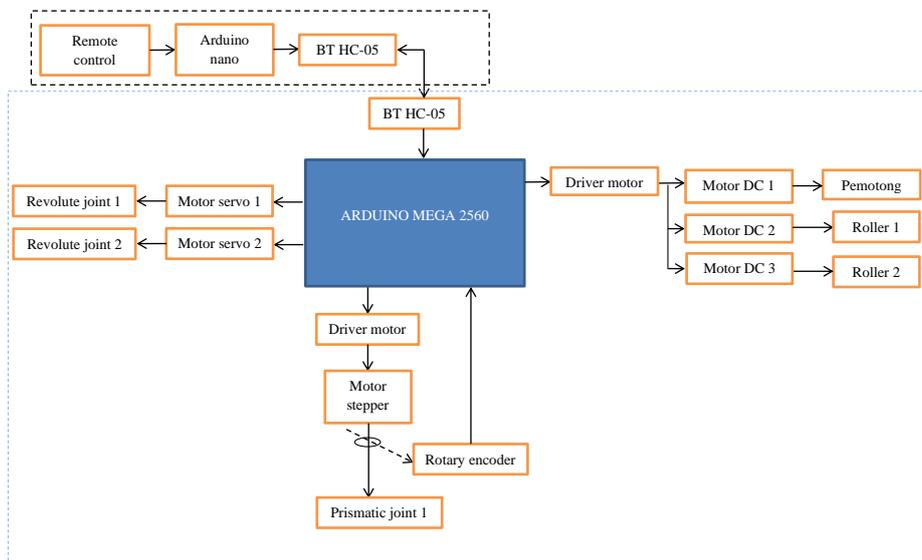
Dari proses penilaian yang telah dilakukan seperti diatas, varian konsep yang dipilih adalah varian dengan presentasi mendekati 100 persen. Dari varian konsep tersebut kemudian dioptimasi sub fungsi yang ada sehingga diperoleh hasil rancangan yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Varian yang dipilih adalah varian konsep 3 (III) dengan nilai 95% untuk ditindaklanjuti dan dioptimalisasi dalam proses perancangan robot pemetik lada.



Gambar 4.7 Diagram Penilaian Aspek Teknis dan Ekonomis

4.3.8. Diagram Blok *Hardware*

Berikut merupakan diagram blok *hardware* untuk proses perakitan elektrik robot pemetik lada.



Gambar 4.8 Diagram Rangkaian Kontrol

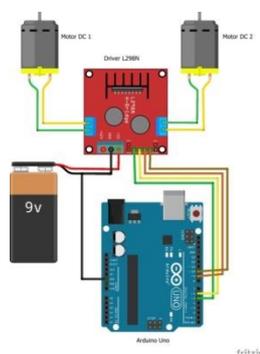
Remote control digunakan sebagai pengendali jarak jauh yang terhubung ke Arduino nano, Arduino nano berperan sebagai pengolah sinyal *remote control*

yang kemudian sinyal tersebut dikirimkan secara nirkabel melalui modul *Bluetooth HC-05*. *Bluetooth HC-05* diatur sebagai *transceiver* dimana pada bagian *remote control* ini di-*set* sebagai *master* melalui AT Mode Command.

Mikrokontroler utama menggunakan Arduino Mega 2560 yang berperan sebagai pengolah sinyal dari aktuator yang digunakan. Arduino mega 2560 menerima sinyal yang dikirim secara nirkabel melalui modul *Bluetooth HC-05*. *Bluetooth HC-05* diatur sebagai *transceiver* dimana pada bagian mikrokontroler utama di-*set* sebagai *slave* melalui AT Mode Command.

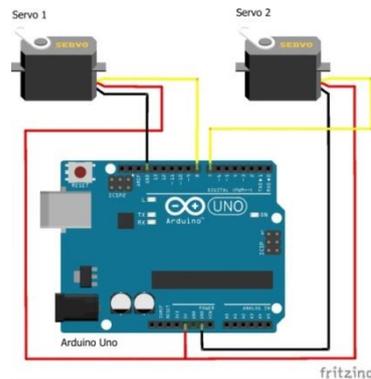
Driver motor stepper yang terhubung ke Arduino mega 2560, akan memberi pulsa pada motor stepper. Motor stepper akan men-*trigger* sensor rotary encoder dan menggerakkan *prismatic joint*. Sensor rotary encoder berfungsi untuk mengontrol posisi. Driver motor DC yang terhubung ke Arduino mega 2560 akan memberi pulsa pada motor DC. Motor DC yang digunakan ada 3 (tiga) buah. Motor DC 1 (satu) untuk menggerakkan pemotong, motor DC 2 (dua) untuk menggerakkan *roller 1*, dan motor DC 3 (tiga) untuk menggerakkan *roller 2*. Untuk menggerakkan *revolute joint* membutuhkan 2 (dua) motor servo. Motor servo 1 (satu) digunakan untuk menggerakkan *revolute joint 1*, dan motor servo 2 (dua) untuk menggerakkan *revolute joint 2*.

Dibawah inimerupakan skematik rangkaian kontrol kontruksi robot pemetik lada. Arduino Uno berfungsi sebagai tempat pengolahan data. Motor DC berfungsi sebagai penggerak *roller* pemetik. Motor servo berfungsi sebagai penggerak *revolute joint*. Dan motor stepper berfungsi sebagai penggerak *prismatic joint*.



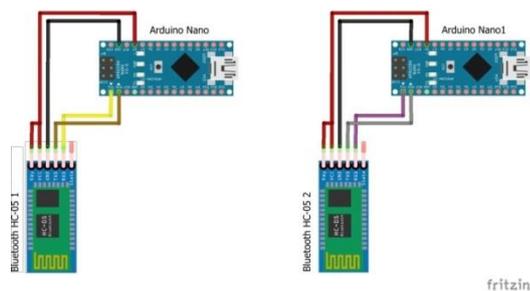
Gambar 4.9 Skema Kontrol Motor DC Pemetik

Untuk penggerak *roller* pemetik menggunakan 2 motor DC. Motor DC 1 digunakan untuk menggerakkan *roller* 1 dan motor DC 2 digunakan untuk menggerakkan *roller* 2. Pin yang digunakan pada motor DC ke Arduino Uno adalah *ground*, pin 5 dan pin 6 untuk motor DC 1, pin 9 dan pin 10 untuk motor DC 2.



Gambar 4.10 Skema Kontrol Motor Servo *Revolute Joint*

Untuk penggerak *revolute joint* menggunakan dua motor servo tipe RDS3115. Motor servo 1 digunakan untuk menggerakkan *dof* 2 dan motor servo 2 digunakan untuk menggerakkan *dof* 3. Pin yang digunakan motor servo ke arduino uno adalah *ground*, VCC, pin 8 untuk motor servo 1 dan pin 7 untuk motor servo 2.



Gambar 4.11 Gambar Bluetooth HC-05

Bluetooth hc-05 digunakan untuk komunikasi serial *wireless*. *Bluetooth* hc-05 sebagai master, dan *Bluetooth* hc-05 sebagai *slave*. Pin TX dihubungkan ke pin RX pada Arduino. Sedangkan pin RX dihubungkan ke pin TX pada Arduino. RX dan TX digunakan untuk megubah tegangan 5V dari Arduino menjadi tegangan 3.3V ke bluetooth hc-05.

Berikut adalah keterangan penggunaan tombol-tombol *joystick* yang digunakan untuk proses pengendalian pergerakan robot pemetik lada.



Gambar 4.12 Keterangan Tombol *Joystick*

Tabel 4.12 Keterangan Fungsi Dari Tombol *Joystick*.

No.	Keterangan	Fungsi
1	Tombol R1	Mengatur kecepatan stepper <i>high</i>
2	Tombol R2	Mengatur kecepatan stepper <i>low</i>
3	Tombol L1	Mengatur kecepatan servo <i>high</i>
4	Tombol L2	Mengatur kecepatan servo <i>low</i>
5	Analog kiri <i>right</i>	Mengatur pergerakan servo CCW
6	Analog kiri <i>left</i>	Mengatur pergerakan servo CW
7	Analog kiri <i>up</i>	Mengatur pergerakan stepper CW
8	Analog kiri <i>down</i>	Mengatur pergerakan stepper CCW
9	Tombol persegi	Mengaktifkan <i>roller</i>

10	Tombol lingkaran	Menonaktifkan <i>roller</i>
11	Tombol silang	Mengaktifkan pemotong
12	Tombol segitiga	Menonaktifkan pemotong

4.4 Perancangan Alat

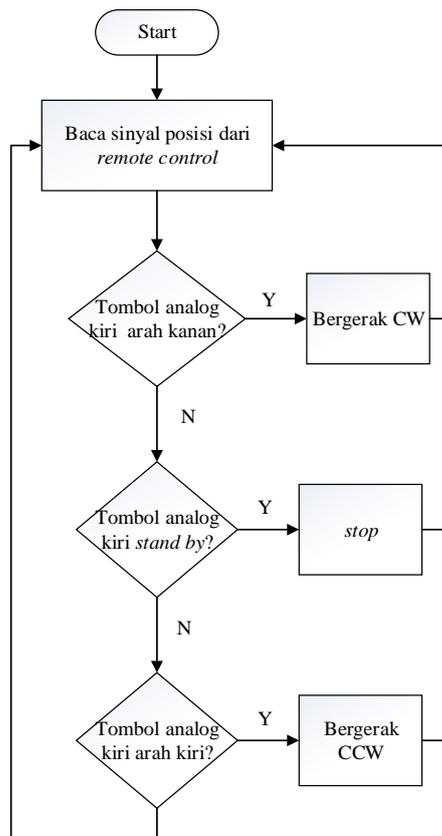
Pada tahap ini perancangan alat dibagi menjadi dua bagian yaitu merancang alat dan kontrol elektrik.

4.4.1. Kontrol Elektrik

Untuk kontrol elektrik terdapat beberapa *flowchart* pergerakan aktuator robot pemetik lada.

4.4.1.1. *Flowchart* Perintah Pergerakan Motor Servo Menggunakan *Joystick*

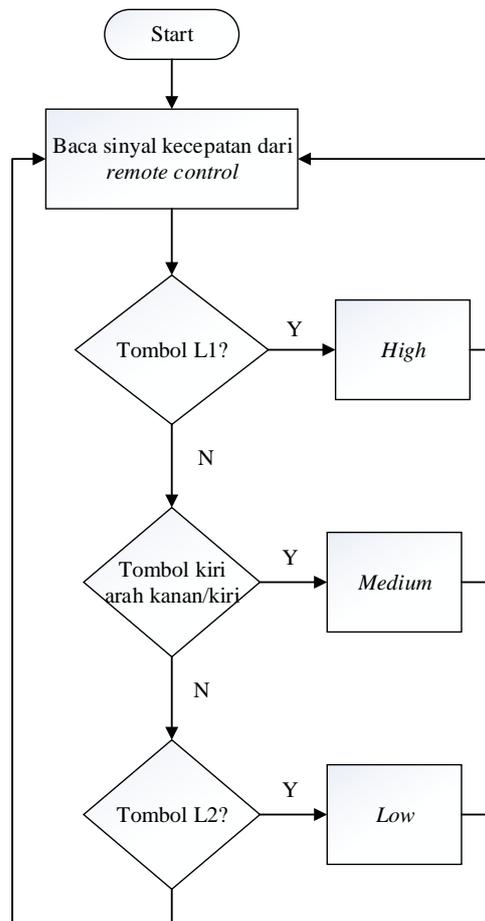
Berdasarkan tabel 4.12 untuk mengatur posisi pergerakan motor servo, dapat dilakukan dengan menekan tombol analog kiri. Apabila menekan tombol analog kiri *right* maka motor servo akan bergerak searah jarum jam atau CW (*clockwise*). Ketika tombol analog dalam posisi *standby* maka motor servo tidak akan bergerak. Dan ketika menekan tombol analog kiri *left*, maka motor servo akan bergerak berlawanan arah jarum jam atau ccw (*counter clockwise*). Tombol analog kiri ini hanya mengarahkan posisi pergerakan servo saja. Servo akan bergerak apabila telah ditekan tombol kecepataannya. Berikut *flowchart* untuk pergerakan motor servo.



Gambar 4.13 *Flowchart* Perintah Pergerakan Motor Servo Menggunakan *Joystick*

4.4.1.2. *Flowchart* Perintah Kecepatan Motor Servo Menggunakan *Joystick*

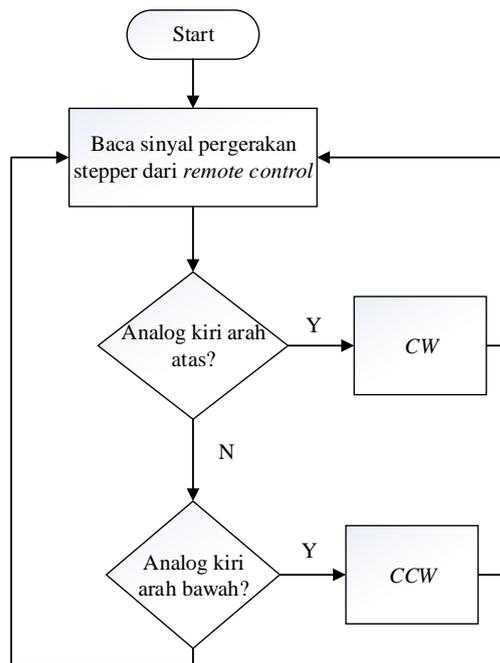
Berdasarkan tabel 4.12 untuk mengatur kecepatan motor servo, dapat dilakukan dengan menekan tombol digital L1 dan L2. Jika menekan L1 maka servo akan bergerak dengan kecepatan *high*. Begitu juga sebaliknya jika menekan tombol L2 maka servo akan bergerak dengan kecepatan *low*. Setelah menekan tombol analog kiri untuk mengatur posisi pergerakan servo, agar servo bergerak selanjutnya menekan tombol kecepatan servo. Ketika tombol kecepatan servo L1 atau L2 sudah ditekan, maka servo akan bergerak berdasarkan arahan pergerakan dari tombol analog kiri.



Gambar 4.14 *Flowchart* Perintah Kecepatan Motor Servo Menggunakan *Joystick*

4.4.1.3. *Flowchart* Perintah Pergerakan Motor Stepper Menggunakan *Joystick*

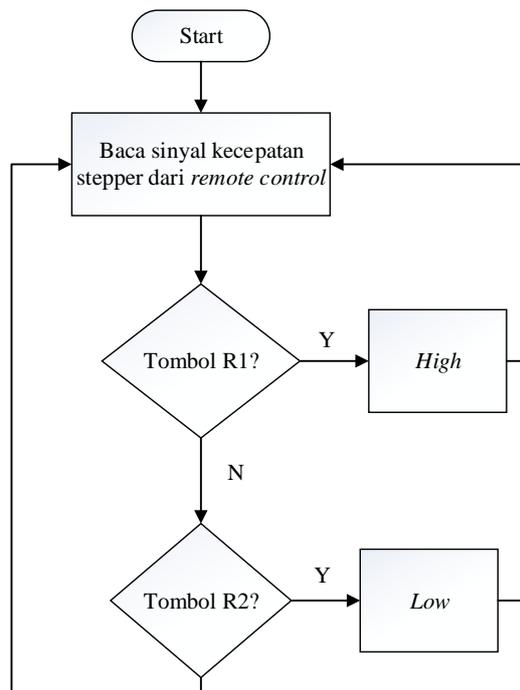
Berdasarkan tabel 4.12 untuk mengatur posisi pergerakan motor stepper, dapat dilakukan dengan menekan tombol analog kiri. Jika menekan tombol analog kiri *up*, maka motor stepper akan bergerak searah jarum jam atau CW (*clockwise*). Jika menekan tombol analog kiri *down*, maka motor stepper akan bergerak berlawanan arah jarum jam atau CCW (*counter clockwise*).



Gambar 4.15 *Flowchart* Perintah Pergerakan Motor Stepper Menggunakan *Joystick*

4.4.1.4. *Flowchart* Perintah Kecepatan Motor Stepper Menggunakan *Joystick*

Berdasarkan tabel 4.12 untuk mengatur kecepatan motor stepper, dapat dilakukan dengan menekan tombol digital R1 dan R2. Jika menekan R1 maka stepper akan bergerak dengan kecepatan *high*. Begitu juga sebaliknya jika menekan tombol R2 maka stepper akan bergerak dengan kecepatan *low*. Setelah menekan tombol analog kiri *up* atau *down* untuk mengatur posisi pergerakan stepper, agar stepper bergerak selanjutnya menekan tombol kecepatan stepper. Ketika tombol kecepatan stepper R1 atau R2 sudah ditekan, maka stepper akan bergerak berdasarkan arahan pergerakan dari tombol analog kiri.



Gambar 4.16 Flowchart Perintah Kecepatan Motor Stepper Menggunakan Joystick

4.4.1.5. Pembuatan Elektrik Robot

Pembuatan elektrik robot merupakan proses peletakkan *port-port* untuk komponen elektrik. Peletakan *port-port* yaitu seperti penyolderan kaki pin pada PCB, penyusunan dan pemasangan komponen dan pemasangan *terminal block* dan *header pin* pada PCB.



Gambar 4.17 Rangkaian Pada PCB

4.4.1.6. Perakitan Elektrik Robot

Perakitanelektrik robot merupakan pengkoneksian antar komponen elektrik agar menjadi suatu rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan robot.

Perakitan rangkaian kontrol elektrik dirangkai berdasarkan kebutuhan yang diperlukan yaitu dengan mengkoneksikan antar komponen tanpa adanya *short* pada rangkaian. Apabila terjadi *short* pada rangkaian akan berakibat fatal atau memungkinkan terjadi kerusakan fungsi pada komponen. Perakitan rangkaian elektrik harus menyesuaikan dengan program *software* seperti pin-pin yang digunakan sebagai *input* atau *output*.

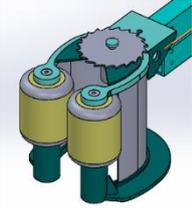


Gambar 4.18 *Assembling* Elektrik Robot

4.4.2. Optimasi

Optimasi dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh rancangan alat robot pemetik lada yang ideal.

Tabel 4. 13 Optimasi Pemetik Tangkai Buah Lada

No	Fungsi	Kondisi		Keterangan
		Sebelum	Setelah	
1.	Pemetik			Konstruksi pemetik dibuat lebih sederhana dibandingkan dengan yang sebelumnya. Untuk cover pemetik yang sebelumnya menggunakan alumunium, diganti menggunakan pipa pvc. Selain itu, pada rangka pemetik ditambahkan alat potong yang dapat berputar 360°.

4.5 Perakitan Alat

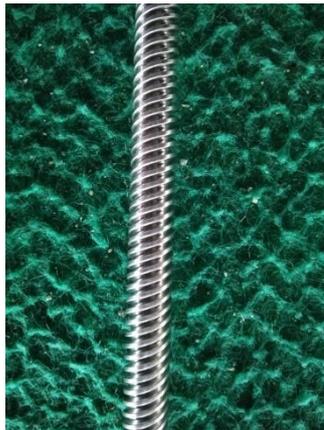
Pada tahap ini dilakukan perakitan alat berdasarkan gambar rancangan yang telah ditentukan.

4.5.1. Perakitan *Prismatic Joint*

Pada bagian *prismatic joint* material yang digunakan yaitu bajaringan dengan tebal 2 mm, tinggi 1.300 mm dan menggunakan *linear screw* diameter 8 dengan tinggi 1000 mm.

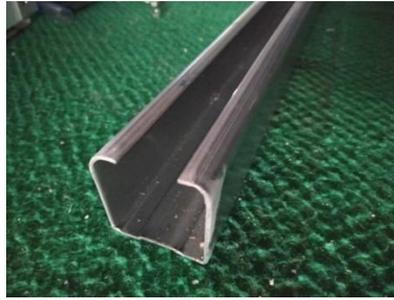


Gambar 4.19 Dudukan *Prismatic*



Gambar 4.20 *Linear Screw* sebagai pembawa lengan

Pemasangan *rel slider* dengan tinggi 1 meter yang diikat pada bajaringan. *Rel slider* digunakan untuk membawa roda.



Gambar 4.21 *Rel slider*



Gambar 4.22 *Roda Pembawa*

Roda tersebut diikatkan oleh nut. Nut berfungsi sebagai tempat dudukan untuk *screw linear* dan dudukan motor servo untuk lengan 1 (*dof 2*) *revolute joint*. Disini menggunakan dua nut yaitu *nut housing* dan *nut brass*



Gambar 4.23 *Nut Housing dan Nut Brass* yang digunakan sebagai pembawa lengan



Gambar 4.24 Nut Sebagai Dudukan *screw* dan Motor Servo

Untuk proses penggerakan *screw* menggunakan motor stepper nema 23 dengan *holding torque* 2.2 Nm. Untuk menghubungkan antara motor stepper dan *screw* menggunakan *coupler* 6*8 dan *bearing* dengan diameter 8 mm.



Gambar 4.25 *Coupler shaft* dan *bearing*



Gambar 4.26 *Coupler* dan *bearing*

Aktuator penggerak *screw* menggunakan motor servo nema 23 dengan *holding torsi* sebesar 2.2 Nm.



Gambar 4.27 Motor Stepper

4.5.2. Perakitan *Revolute Joint*

Pemasangan motor servo rds3115 dengan spesifikasi *holding torsi* 15kg, tegangan maksimum 7,2 volt, arus maksimum 1.5 Ampere, ukuran 40 x 20 x 40.5 mm (servo) dan 64 x 55.6 x 20 mm (perakitan logam kurung). Aktuator ini terpasang di *nut* lengan 1 (dof 1), dan lengan 2 (dof 2).



Gambar 4.28 Motor Servo

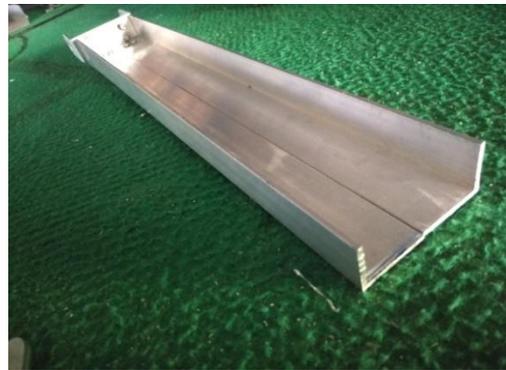


Gambar 4.29 Pemasangan Motor Servo di lengan 1 dan lengan 2

Untuk material lengan menggunakan bahan aluminium siku L dengan tebal 2mm dan panjang setiap lengan 300 mm. Aluminium L tersebut digabung menjadi dua agar lengan kokoh.



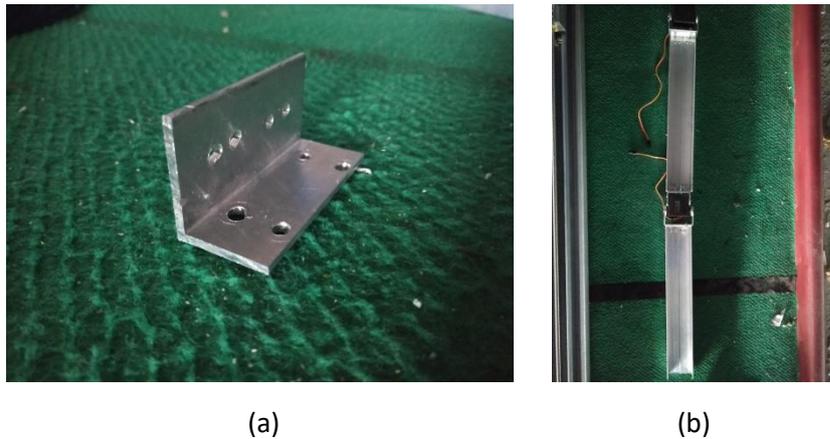
(a)



(b)

Gambar 4.30 Gambar a) Aluminium siku L dan Gambar b) Aluminium Siku L yang telah disatukan

Untuk menyatukan kedua aluminium siku L tersebut menggunakan siku L yang dipotong berdasarkan lebar dari kedua siku L yang telah disatukan. *Part* ini juga digunakan untuk mengikat motor servo ke lengan.



Gambar 4.31 Gambar (a) Dudukan Lengan dan (b) Dudukan Lengan Yang Telah Terpasang Lengan Dan Motor Servo

4.5.3. Perakitan Pemetik

Pemetik ini merupakan bagian utama pada robot pemetik lada, komponen dan material yang digunakan untuk bagian pemetik yaitu motor DC, *roller*, dan dudukan. Berikut perakitan untuk pemetik:

Dudukan untuk menempatkan motor DC dan pipa sebagai cover pemetik. Dudukan ini berdiameter 50 mm, tinggi dudukan motor 33 mm, pipa yang digunakan 2 inch dan tebal pipa 1,6 mm. Dudukan diberikan slot untuk tempat pipa agar dapat berdiri.



Gambar 4.32 Motor DC Sebagai Aktuator Pemetik



Gambar 4.33udukan untuk motor DC dan Pipa VPC



Gambar 4.34 Pemasangan Pipa dan Motor DC

Pemasangan penutup pipa dan penghubung *roller*. Penutup pipa dengan diameter 50 mm, diameter untuk *roller* 8 mm.



Gambar 4.35 Dudukan *Roller* Bawah



Gambar 4.36 Penutup Pipa yang telah terpasang

Shaft roller menggunakan diameter 8 mm. Dibagian bawah *shaft roller* diberi lubang untuk memasukkan motor.



Gambar 4.37 *Shaft Roller*



Gambar 4.38 Perakitan Pemetik

4.6 Perhitungan

4.6.1. Perhitungan Kecepatan *Prismatic Joint*

Kecepatan adalah besaran vektor yang menunjukkan seberapa cepat sebuah benda dapat berpindah dan besaran ini disebut dengan kelajuan dan dinyatakan dalam satuan meter per sekon ($\frac{m}{s}$).

$$V = \frac{S}{t} \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan:

V = tegangan (volt)

S = jarak (m)

t = waktu (s)

- Perhitungan kecepatan *prismatic joint* tanpa sensor

Tinggi *prismatic joint* 95 cm = 0.95 m.

- Pergerakan *Prismatic joint* dari minimum ke maksimum menggunakan 1 lengan

$$V = 0.95 \text{ m} / 51.90 \text{ s} = 0.0183 \text{ m/s}$$

- Pergerakan *prismatic joint* dari maksimum ke minimum menggunakan 1 lengan

$$V = 0.95 \text{ m} / 53 \text{ s} = 0.0179 \text{ m/s}$$

- Pergerakan *prismatic joint* dari minimum ke maksimum menggunakan 2 lengan

$$V = 0.95 \text{ m} / 52.22 \text{ s} = 0.0181 \text{ m/s}$$

- Pergerakan *prismatic joint* dari maksimum ke minimum menggunakan 2 lengan

$$V = 0.95 \text{ m} / 52.74 \text{ s} = 0.0180 \text{ m/s}$$

- Perhitungan kecepatan *prismatic joint* dengan *step per revolution* (SPR) 3200 dan *delay*

- Pergerakan *prismatic joint* dengan *delay* 15

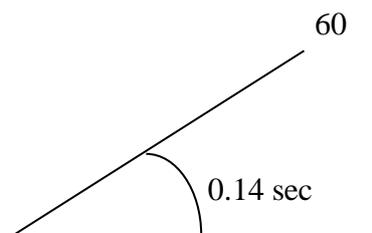
$$V = 0.95 \text{ m} / 33.05 \text{ s} = 0.0287 \text{ m/s}$$

- Pergerakan *prismatic joint* dengan *delay* 30

$$V = 0.95 \text{ m} / 55.22 \text{ s} = 0.0181 \text{ m/s}$$

4.6.2. Servo

Berdasarkan spesifikasi motor servo rds3115, speed motor yaitu : 0.14 sec / 60 deg.



$$t^\circ = 0.14 \text{ sec} = 60^\circ$$

$$t^\circ = 0.0023 \text{ s/deg} = 2.33 \text{ ms/deg}$$

$$10^\circ = 23.3 \text{ ms}$$

Jadi kecepatan maksimum motor servo berdasarkan spesifikasi yaitu 2.33 ms/deg.

Rumus torsi motor:

$$\tau = F \times r \dots\dots\dots(4.2)$$

keterangan:

τ = momen gaya (Nm)

F = gaya yang diberikan paada sistem (N)

r = jarak sumbu putaran dengan titik gaya (m)

Beban yang dapat ditanggung oleh lengan 1 (*dof* 2) yang mana motor servo yang digunakan memiliki torsi 13.5 kg.cm - 15 kg.cm pada tegangan kerja 6V – 7.2V. Berikut perhitungan beban kerja pada lengan 1 dengan panjang lengan 80 cm.

$$15 \text{ kg.cm} = F \times 80 \text{ cm}$$

$$F = 15 \text{ kg.cm}/80 \text{ cm}$$

$$F = 0.1875 \text{ kg}$$

$$F = 0.1875 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 1.84 \text{ kg m/s}^2$$

$$F = m \times g \dots\dots\dots(4.3)$$

$$1.84 \text{ kg m/s}^2 = m \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$m = (1.84 \text{ kg m/s}^2)/(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$m = 0.187 \text{ kg}$$

Beban yang diterima oleh motor servo 1 yaitu 0.187 kg. Berikut perhitungan beban kerja pada lengan 2. Dengan panjang lengan 50 cm.

$$15 \text{ kg.cm} = F \times 50 \text{ cm}$$

$$F = 15 \text{ kg.cm}/50 \text{ cm}$$

$$F = 0.3 \text{ kg}$$

$$F = 0.3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 2.94 \text{ kg m/s}^2$$

$$F = m \times g \dots\dots\dots(4.3)$$

$$2.94 \text{ kg m/s}^2 = m \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$m = (2.94 \text{ kg m/s}^2)/(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$m = 0.3 \text{ kg}$$

4.6.3. Rotary Encoder

- Konversi pulsa ke jarak

Rotary encoder : 600 ppr; kisar ulir *screw* : 2 mm.

$$600 \text{ ppr} = 2 \text{ mm}$$

$$1 \text{ pulse} = 1/300 \text{ mm}$$

$$1 \text{ pulse} = 0.003 \text{ mm}$$

- Perhitungan sensor *rotary encoder* untuk pengujian pertama. Data yang didapat untuk maksimum yaitu 153.165.

$$95 \text{ cm} = 167.713$$

$$1 \text{ cm} = 167.713 / 95 \text{ cm} = 1.765$$

$$5 \text{ cm} = 1.765 \times 5 \text{ cm} = 8.825$$

$$90 \text{ cm} = 1.765 \times 90 \text{ cm} = 158.850$$

4.7 Uji Coba

4.7.1. Uji Coba *Roller* Pemetik

Berikut merupakan tabel hasil uji coba *roller* pemetik. Uji coba *roller* pemetik dilakukan agar dapat mengetahui hasil apakah *roller* dapat menarik tangkai buah lada atau tidak.

Tabel 4.14 Uji Coba *Roller* Pemetik

Pengujian ke-	Keterangan	Bukti
1	Pengujian pertama masih menggunakan kardus sebagai <i>cover</i> , aluminium <i>hollow</i> untuk <i>roller</i> , spons sebagai pelapis <i>hollow</i> dan menggunakan 2 buah aktuator motor DC. Pada saat uji coba, saat <i>roller</i> berputar buah lada akan tertarik kedalam.	

2 Pengujian kedua masih menggunakan kardus sebagai *cover*, aluminium *hollow* untuk *roller*, spons sebagai pelapis *hollow*, menggunakan 1 buah aktuator motor DC dan roda gigi.

Pada saat uji coba, saat *roller* berputar buah lada akan tertarik kedalam.



3 Pengujian ketiga menggunakan aluminium sebagai *cover*, aluminium *hollow* untuk *roller*, spons sebagai pelapis *hollow* dan menggunakan 2 buah aktuator motor DC.

Pada saat uji coba, saat *roller* berputar buah lada akan tertarik kedalam.



Dari hasil uji coba yang telah dilakukan spons yang telah terpasang dan dihubungkan dengan aktuator motor DC dapat berputar dengan cepat sehingga tangkai lada dapat tertarik kedalam.

4.7.2. Uji Coba *Prismatic Joint* Tanpa Sensor

Berikut adalah tabel hasil uji coba pergerakan *prismatic joint* dengan menggunakan beban lengan.

Tabel 4.15 Pengujian 1 *Prismatic Joint* Tanpa Sensor

Pengujian ke-	Uji coba	Jarak (s) (meter)	Waktu (t)	Kecepatan (v)
1.	Pergerakan <i>Prismatic joint</i> dari minimum ke maksimum menggunakan	0.95	51.90	0.0183

	1 lengan			
2.	Pergerakan <i>prismatic joint</i> dari maksimum ke minimum menggunakan 1 lengan	0.95	53	0.0179
3.	Pergerakan <i>prismatic joint</i> dari minimum ke maksimum menggunakan 2 lengan	0.95	52.22	0.0181
4.	Pergerakan <i>prismatic joint</i> dari maksimum ke minimum menggunakan 2 lengan	0.95	52.74	0.0180

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan, didapatkan data bahwa kecepatan *prismatic joint* relatif konstan.

Tabel 4.16 Pengujian 2 *Prismatic Joint* Tanpa Sensor

Pengujian ke-	Uji coba	Jarak (s) (meter)	Waktu (t)	Kecepatan (v)
1.	Pergerakan <i>prismatic joint</i> dengan SPR motor stepper 3200 dan <i>delay</i> (15).	0.95	33.05	0.0287
2.	Pergerakan <i>prismatic joint</i> dengan SPR motor stepper 3200 dan <i>delay</i> (30).	0.95	55.22	0.0181

4.7.3. Uji Coba *Rotary Encoder*

Berikut adalah hasil uji coba *rotary encoder* sebagai sensor jarak.

Tabel 4.17 Uji coba *rotary Encoder*

Jarak (cm)	Uji coba
95	167.713
90	158.850
5	8.825
1	1.765

4.7.4. Uji Coba Proses Pemetikan Buah

Berikut adalah hasil uji coba proses pemetikan tangkai buah lada.

Tabel 4.18 Waktu Pengujian Pemetikan Buah Lada

Pengujian ke-	Waktu pemotongan (t)
1.	6.20
2.	6.50
3.	7.01
4.	6.55

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk proses pemetikan tangkaibuah lada yaitu 6.565 detik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan robot pemetik lada ini.

1. Dengan menggunakan metode perancangan VDI 2222 dapat mempercepat proses perancangan robot pemetik lada.
2. Robot pemetik lada dikontrol menggunakan *remote control* yang terhubung dengan mikrokontroler. Dibagian pemetik hanya dapat memetik satu tangkai lada.
3. Dari hasil uji coba pemetik yang telah dilakukan, *roller* pemetik yang telah dihubungkan dengan aktuator motor DC dapat berputar dengan cepat sehingga dapat menarik tangkai lada untuk masuk kedalam.
4. Dari hasil uji coba *prismatic joint* tanpa sensor didapatkan data kecepatan yang konstan yaitu 0.17 m/s dengan jarak 95 cm dengan waktu tempuh 52 detik.

5.2 Saran

Berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan oleh pembaca untuk pengembangan rancangan robot pemetik lada:

1. Robot dapat dibuat otomatis sehingga memudahkan para petani dalam proses pemetikan lada.
2. Sistem elektronik dapat ditambahkan untuk fungsi-fungsi pengontrolan robot pemetik lada.
3. Agar lengan tidak goyang maka harus diganti dengan sistem transmisi yang lebih besar

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wikipedia, "Lada," 2020. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/lada>. [Accessed Rabu Mei 2020].
- [2] D. P. Usman Daras, "Kondisi Kritis Lada Putih Bangka Belitung dan Alternatif Pemulihannya," *Jurnal Pengembangan dan Penelitian Pertanian*, vol. 28, no. 1, 2009.
- [3] S. S. K. M. Dini Tri Kurnianto, "Daya Saing Komoditas Lada Indonesia Di Pasar Internasional (Studi Tentang Ekspor Lada Indonesia Tahun 2010-2014)," *Jurnal Administrasi Bisnis*, vol. 40, no. 2, 2016.
- [4] J. T. R. K. D. S. Yulius Ferry, "Pemanfaatan Kompos Tanaman Air Sebagai Pembawa Inokulan Mikoriza Pada Budaya Lada Perdu di Lahan Bekas Tambang Timah," *Jurnal Littri*, vol. 19, no. 1, Maret 2013.
- [5] H. D. Siswaja, "Prinsip Kerja dan Klasifikasi Robot," *Media Informatika*, vol. 7, no. 3, pp. 147 - 151, 2008.
- [6] A. Yanto, "Analisa Unjuk Kerja Pengayak Getar Sebagai Sistem Getaran Dua Derajat Kebebasan Terhadap Pengayakan Abu Sekam Padi," *Jurnal Momentum*, vol. 15, no. 2, p. 127, Agustus 2013.
- [7] S. Asep Indra Komara, "Aplikasi Metoda VDI 2222 Pada Proses Perancangan Welding Fixture Untuk Sambungan Cerobong Dengan Teknologi CAD/CAE," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cylinder*, vol. 1, no. 2, p. 3, 2014.
- [8] W. HP, "Five Years Experience with VDI 2222 Guideline In A Large Capital Equipment Enterprise," *Design Studies*, vol. 2, no. 3, p. 165, Juli 1981.
- [9] A. Ruswandi, *Metoda Perancangan*, Bandung : PoliteknikManufaktur Bandung , 2004.
- [10] M. S. Imran Oktariawan, "Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Arduino Mega 2560," *Jurnal FEMA*, vol. 1, no. 2, p. 6, 2013.

- [11] D. Antonio, "Rancang Bangun Aplikasi Keamanan Brankas Berbasis Sinar Laser Dengan Mikrokontroler Arduino Nano dan Uno R3," *Jurnal SISFOKOM*, vol. 2, no. 2, p. 12, 2013.
- [12] I. N. Tohir, "Rancang Bangun Catu Daya Digital Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Skripsi*, vol. 01, 2016.
- [13] C. N. Makasenggehe, Perancangan Power Supply Digital Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Keypad Sebagai Pemilih Tegangan, Universitas Sam Ratulangi, 2012.
- [14] G. N. K. A. P. Anak Agung Gede Ekayana, "Rancang Bangun Prototype Sistem Kendali Lengan Robot Menggunakan Interface Wireless 2.4Ghz," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, p. 120, 2017.
- [15] Syahrul, "Motor Stepper: Teknologi, Metoda dan Rangkaian Kontrol," *Majalah Ilmiah UNIKOM*, vol. 6, no. 2, p. 192.
- [16] D. L. H. Y. S. Susi Susanti, "Rancang Bangun Inverter Sebagai Driver Motor Induksi 3 Fasa," *Jurnal Teknik Elektro, Komputer, dan Informatika*, vol. 14, no. 1, pp. 41-45, 2016.
- [17] S. Muslimin, "Analisis Pulse Motor Servo Sebagai Penggerak Utama Lengan Robot Berbasis Mikrokontroler," *PROTON*, vol. 10, no. 1, pp. 1-5, 2018.
- [18] M. S. Asrizal Yulkifli, "Penentuan Karakteristik Sistem Pengontrolan Kelajuan Motor DC dengan Sensor Optocoupler Berbasis Mikrokontroler AT89S52," *Jurnal Otomasi dan Instrumentasi*, vol. 4, no. 1, 2012.
- [19] S. R. S. A. T. Ridho Audli, "Rancang Bangun Alat Ukur Portable 9 Titik Kecepatan Aliran Sungai (Open Channel) Nirkabel Berbasis PC," *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 8, no. 2, 2014.
- [20] S. Sadi, "Sistem Keamanan Buka Tutup Kunci Brankas Menggunakan Bluetooth HC-05 Berbasis Arduino Mega 2560," *Jurnal Teknik*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [21] M. Saleh, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan

Relay," *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, vol. 8, no. 2, Mei 2017.

- [22] N. K. Joko Christian, "Prototipe Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ2, Board Arduino Duemilanove, Buzzer, dan Arduino GSM Shield pada PT. Alfa Retailindo (Carrefour Pasar Minggu)," *Jurnal TICOM*, vol. 2, no. 1, p. 60, 2013.
- [23] R. Djamiko, Modul Teori Pengelasan logam, Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, 2008.

LAMPIRAN