

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

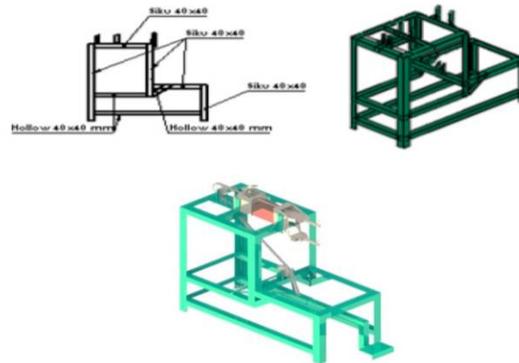
Yurianto. dkk, (2011) membuat sebuah penelitian dimana mempunyai tujuan membuat sebuah mesin las titik yang dapat digunakan untuk proses soldering dan brazing pada industri rumahan, mengetahui parameter mesin hasil rancangan, membuat gambar orthogonal mesin las hasil rancangan. Dari energi listrik diubah oleh trafo DC menghasilkan panas yang diteruskan ke tembaga (elektroda). Dengan hasil pengujian maka diperoleh performa dari mesin las hasil rancangan yaitu arus untuk *soldering* 6 A dan 8,6 A untuk *brazing*, nilai tegangan untuk *soldering* adalah 366,67 V dan *brazing* adalah 255,8 V. Dengan *ampere* yang digunakan untuk *soldering* adalah 6 A maka daya minimum adalah 1320 VA dan untuk *brazing* adalah 8,6 A maka daya minimum adalah 1892 VA maka listrik rumahan dengan daya maksimum 900 Watt tidak mampu untuk mengelas. Mesin yang dihasilkan dari perancangan ini ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mesin las titik (Yurianto,. dkk, 2011)

Subarjo, S., dan Widodo, T. (2020) pengelasan menggunakan mesin las titik *portable* dibandingkan dengan mesin titik dengan meja dan pedal menghasilkan waktu pengelasan yang berbeda, dengan ditambahkan meja dan pedal waktu pengelasan lebih cepat. Hasil pengujian mesin las titik meja dan pedal, dibutuhkan waktu 0,512 menit untuk pelat 0,8 mm, sedangkan untuk tebal plat 1,0 mm dibutuhkan waktu 0,61 menit. Hasil pengujian mesin las *portable* membutuhkan waktu 1,185 detik untuk tebal plat 0,8 mm dan 1,314 detik untuk pelat 1.0 mm.

Efisiensi pengalasan mesin las titik meja dan pedal antara 40 % sampai 50 %; sehingga dapat menunjang praktikum mahasiswa di laboratorium. Desain akhir pada perancangan ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Desain las titik (Subarjo, S., dan Widodo, T, 2020)

Andrianto, Y., dkk (2019) las titik (*spot welding*) hampir semua jenis logam tipis dapat di las menggunakan las titik (*spot welding*). Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin *spot welding* yang dapat dijangkau oleh industri menengah sampai industri kecil dan juga industri rumahan. Proses perancangan mesin *spot welding* dilakukan dengan tahapan yaitu perencanan, penjelasan fungsi komponen, daya listrik yang digunakan direncanakan menggunakan transformator dengan daya 1000 Watt, dengan rangka model adalah *rocker arm spot welding*. Desain dari perancangan ditunjukkan pada gambar 2.3. Hasil dari perancangan menggunakan transformator dengan daya 1000 watt menghasilkan bahwa muatan listrik yang mengalir sebesar 9922,5 Coulomb, dan juga menggunakan pneumatik dengan minimum diameter silinder sebesar 36,5 mm.



Gambar 2.3 Desain mesin las titik (Andrianto, Y., dkk, 2019)

Dari perancangan di atas memiliki persamaan dengan perancangan yang penulis lakukan yaitu sama sama untuk pekerjaan las titik. Sedangkan perbedaannya yaitu mengenai fungsi dan campur tangan dari robot dalam pengerjaannya. Perancangan yang penulis lakukan adalah membuat lengan robot untuk sistem pengelasan titik pada baterai yang tentunya semua sudah berjalan otomatis. Kemudian pada perancangan ini penulis menggunakan lengan robot (manipulator) untuk melakukan pengelasan dengan objek yang diambil yaitu baterai Li-ion 18650.

Dengan demikian, meskipun terdapat kesamaan tema perancangan tetapi masih banyak perbedaan. Maka penulis tertarik untuk melakukan rancang bangun *spot welding battery* menggunakan lengan robot berbasis arduino.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Lengan Robot

Robot lengan atau yang lebih dikenal dengan Manipulator Robot adalah salah satu jenis robot yang paling banyak digunakan dibidang industri. Sering dikatakan sebaliknya sebuah robot manipulator industri umumnya disebut sebagai lengan robot. Bagian dasar manipulator bisa kaku terpasang pada lantai kerja maupun terpasang pada sebuah rel (Sumbodo, W, 2008).

Robot Manipulator merupakan rangkaian benda kaku yang terdiri dari sistem mekanik sendi (*joint*) dan terhubung dengan lengan (*link*) yang di ujung pergelangan dapat diaplikasikan berbagai *tool* sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Walaupun demikian, gerakan lengan robot berbeda dari gerakan lengan manusia. Sementara sendi robot memiliki derajat lebih sedikit kebebasan atau disebut derajat kebebasan atau *Degree of Freedom* (DOF), manipulator robot dapat bergerak bebas walaupun dari suatu sudut tertentu dengan kebebasan yang lebih dibanding manusia. Misalnya, siku dari robot dapat menekuk ke atas atau bawah sedangkan seseorang hanya bisa menekuk siku mereka dalam satu arah selebihnya hanya pada posisi lengan lurus, untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar 2.4 (Syam, R, 2015).



Gambar 2.4 Gerakan Lengan Robot (Syam, R, 2015)

Sistem robot memiliki tiga komponen dasar, yaitu: Manipulator, *Controller*, dan *Power* (daya). Efektor sering ditemukan pada beberapa sistem robot, tetapi sifatnya tidak harus ada. Manipulator memiliki komponen-komponen penyusun yang terhubung satu sama lainnya dan memiliki beberapa istilah dalam pengukurannya (Sumbodo, W, 2008). Beberapa bagian dari lengan robot antara lain sebagai berikut:

1. *Link*

Link adalah salah satu bagian dari lengan robot yang dihubungkan satu sama lain secara bersamaan untuk membentuk sebuah rangkaian kinematik.

2. *Joint*

Joint adalah sendi dari lengan robot atau penghubung antar lengan dengan lengan lainnya sehingga dipisahkan oleh sumbu (*axis*).

3. *End-Effector*

Efektor merupakan bagian terakhir yang menghubungkan manipulator dengan objek yang akan dijadikan kerja dari robot. Efektor jika disamakan dengan manusia seperti jari-jari tangan yang dapat digunakan untuk memegang dan menahan benda maupun peralatan yang digunakan untuk mengelas, mengecat, mengisi botol, dan lain sebagainya sesuai dengan kebutuhan.

4. Pengendali (*Controller*)

Kontroler adalah jantung dari sebuah sistem pada lengan robot sehingga keberadaannya sangat penting. Kontroler merupakan mekanisme (baik perangkat keras maupun perangkat lunak) yang digunakan untuk mengatur seluruh pergerakan atau proses dari lengan robot.

5. Penggerak (*Actuator*)

Bagian lengan robot yang digunakan sebagai mekanisme penggerak lengan robot. Contoh dari aktuator itu yang dipakai pada perancangan ini adalah pneumatik. Aktuator sendiri juga dapat berupa motor listrik, servo, ataupun hidrolik untuk menggerakkan persendian lengannya (Sumbodo, W, 2008).

2.2.2 Torsi

Torsi atau momen gaya adalah sebuah besaran yang menyatakan gaya yang bekerja pada suatu benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi (Krey, U., dan Owen, A, 2007). Perhitungan torsi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = F r \quad (2.1)$$

$$F = m g \quad (2.2)$$

$$\tau = m g r \quad (2.3)$$

Keterangan:

τ = Momen gaya [Nm]

r = Lengan gaya [m]

F = Gaya yang diberikan [N]

g = Gravitasi [m/s²]

m = Massa [kg]

2.2.3 Mekanika Rangka

Sistem rangka adalah sistem struktur yang diperoleh dari menyambungkan batang-batang lurus satu sama lain lewat sambungan yang bersifat sendi, yang biasa

dikenal sebagai titik buhul. Gaya luar dapat diatur sedemikian hingga bekerja tepat pada titik buhul. Batang-batang umumnya akan memikul gaya aksial berupa gaya tarik, atau gaya tekan, ataupun tekan dan tarik secara bergantian (gaya bertukar), maka struktur rangka sederhana sering terbuat dari bahan baja atau logam, yang memiliki sifat ketahanan hampir setara terhadap tarik dan tekan (Hariandja, B. 1996). Pada lengan robot kekuatan mekanika dihitung untuk menentukan beban maksimu yang dapat diangkat oleh lengan robot. Mengetahui gaya dan momen pada rangka supaya mengangkat beban dapat dihitung menggunakan rumus:

1. Gaya yang bekerja (Agustinus, P. I. 2007).

$$F = m \times g \quad (2.4)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} F &= \text{gaya} && [\text{N}] \\ m &= \text{massa} && [\text{kg}] \\ g &= \text{percepatan gravitasi} && [\text{m/s}^2] \end{aligned}$$

2. Momen yang bekerja (Agustinus, P. I. 2007).

$$\tau = F \times d \quad (2.5)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} \tau &= \text{momen} && [\text{Nmm}] \\ F &= \text{gaya} && [\text{N}] \\ d &= \text{jarak atau lengan} && [\text{mm}] \end{aligned}$$

2.2.4 Arduino

Arduino adalah suatu perangkat keras sekaligus perangkat lunak yang memudahkan siapa saja dalam pembuatan prototipe suatu rangkaian elektronika yang berbasis mikrokontroler. Dari sisi perangkat lunak, Arduino memiliki pemrograman sendiri yang dikenal dengan *Integrated Development Environment* (IDE). Arduino IDE adalah tool yang bermanfaat untuk menuliskan program (yang secara khusus dinamakan sketsa di Arduino), mengompilasinya dan sekaligus mengunggahnya ke papan Arduino. Arduino merupakan produk *open source*, salah satu kekurangan produk *open source* adalah varian yang terlalu banyak

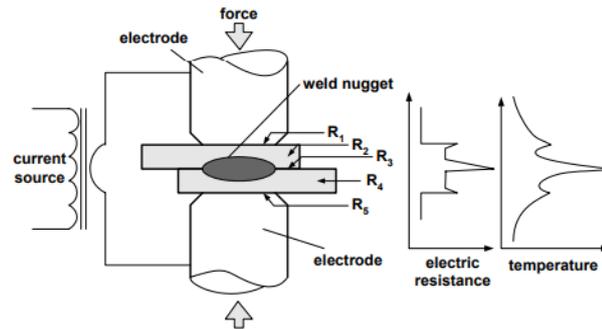
sehingga membingungkan. Ada banyak varian *board* Arduino, baik yang hanya minimum board atau yang sudah dilengkapi dengan sensor. *Board* arduino uno ditunjukkan pada gambar 2.5 (Kadir, A. 2016).



Gambar 2.5 Papan Arduino Uno (Kadir, A. 2016)

2.2.5 *Spot Welding*

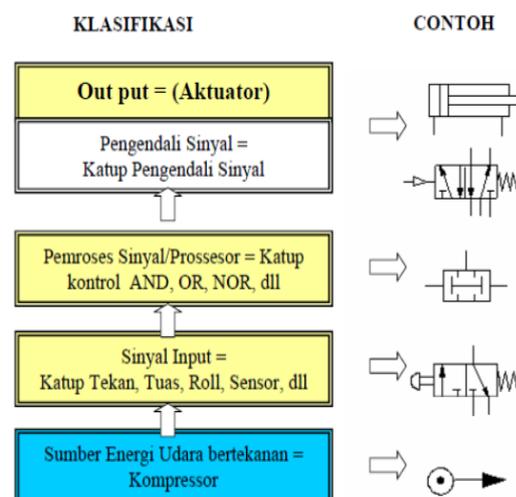
Spot Welding (Las Titik) termasuk dalam kelompok pengelasan resistansi proses di mana panas dihasilkan oleh aliran arus listrik melalui badan benda. untuk digabungkan. Pengelasan titik adalah proses pengelasan resistansi yang paling banyak digunakan dalam aplikasi dunia robotik dan diperlakukan di sini dengan beberapa detail (Pires, J.N., dkk, 2006). Pada proses ini arus yang cukup kuat dialirkan melalui elektroda yang terbuat dari tembaga sehingga menimbulkan panas di daerah logam yang dijepit. Akibatnya logam akan meleleh dan tersambung. Pada mesin las terdapat transformator yang fungsinya merubah tegangan arus bolak balik, arus yang besar inilah yang dipakai untuk mengelas sehingga menghasilkan panas yang tinggi dan cukup mencairkan logam. Selain arus, faktor waktu juga dapat mempengaruhi hasil pengelasan dimana semakin lama waktu pengelasan maka semakin tinggi pula panas yang dihasilkan. Proses *spot welding* ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Spot Welding (Pires, J.N., dkk, 2006)

2.2.6 Pneumatik

Prinsip kerja pneumatik adalah merubah energi yang terdapat pada udara bertekanan menjadi energi gerak, baik gerak translasi melalui silinder pneumatik maupun gerakan rotasi pada motor pneumatik. Proses memproduksi udara bertekanan diawali dengan udara luar yang di hisap oleh kompresor selanjutnya ditampung pada tangki udara, setelah tekanan udara meningkat, pada tekanan tertentu udara dialirkan melalui katup-katup ke aktuator seperti silinder pneumatik (Sumbodo, W., dkk, 2017). Sistem pneumatik terdiri dari lima elemen utama, secara garis besar sistem elemen pneumatik dapat digambarkan pada skema berikut:



Gambar 2.7 Klasifikasi Elemen Sistem Pneumatik (Sumbodo, W., dkk, 2017)

Adapun parameter dalam perancangan pneumatik sebagai penggerak lengan robot *spot welding battery* yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan diameter batang piston

$$F = P \times A \times \mu \quad (2.6)$$

Keterangan:

F = Gaya [N]

P = Tekanan pneumatik [Pa]

A = Luas penampang piston [m²]

$$\text{dimana } A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

μ = Koefisien gesek

2. Gaya piston langkah maju

$$F = D^2 \times \frac{\pi}{4} \times P \quad (2.7)$$

Keterangan:

F = Gaya [N]

D = Diameter piston [mm]

P = Tekanan kerja pneumatik [Pa]

3. Gaya piston langkah mundur

$$F = (D^2 - d^2) \times \frac{\pi}{4} \times P \quad (2.8)$$

Keterangan:

F = Gaya [N]

D = Diameter piston [mm]

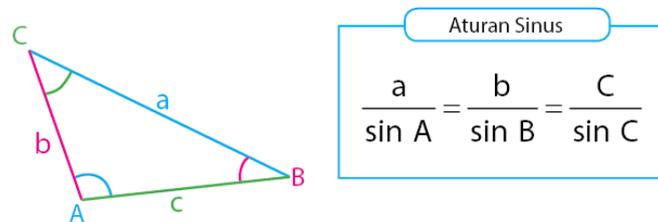
d = Diameter batang piston [mm]

P = Tekanan kerja pneumatik [Pa]

2.2.7 Aturan Sinus

Terdapat beberapa macam bangun datar, dan salah satunya adalah segitiga, yang merupakan suatu bangun datar yang memiliki tiga buah sisi. Pada segitiga,

berlaku beberapa hukum/aturan, dan salah satunya adalah aturan sinus. Pada dasarnya, aturan sinus merupakan suatu aturan menyatakan hubungan perbandingan nilai sinus sudut-sudut dalam segitiga dengan panjang sisi yang berhadapan dengan sudut tersebut. Aturan sinus dijelaskan pada gambar 2.8 (Hutapea, T. A., dkk. 2013).



Gambar 2.8 Aturan sinus pada segitiga (Hutapea, T. A., dkk. 2013)

2.2.8 Kompresor

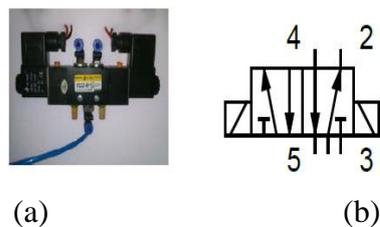
Kompresor berfungsi untuk membangkitkan/menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian disimpan di dalam tangki udara kempa untuk disuplai kepada pemakai (sistem pneumatik). Kompresor dilengkapi dengan tabung untuk menyimpan udara bertekanan, sehingga udara dapat mencapai jumlah dan tekanan yang diperlukan. Tabung udara bertekanan pada kompresor dilengkapi dengan katup pengaman, bila tekanan udaranya melebihi ketentuan, maka katup pengaman akan terbuka secara otomatis. Visual kompresor ditunjukkan pada gambar 2.9 (Sumbodo, W., dkk, 2017).



Gambar 2.9 Kompresor (Sumbodo, W., dkk, 2017)

2.2.9 Electrical Solenoid Valve

Prinsip kerja dari *solenoid valve* atau katup yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakannya, ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan plunger pada bagian dalamnya ketika plunger berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari solenoid valve pneumatik akan keluar udara bertekanan yang berasal dari *supply (service unit)*, untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar 2.10 (Sumbodo, W., dkk, 2017).



Gambar 2.10 (a) solenoid valve (b) simbol katup 5/2 (Sumbodo, W., dkk, 2017).

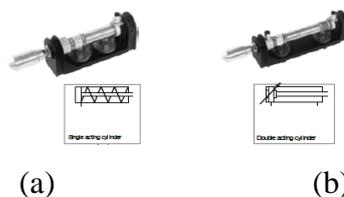
2.2.10 Aktuator

Aktuator adalah bagian terakhir yang merupakan output dari suatu sistem kontrol pneumatik yang berupa gerakan linier maupun rotasi. Berikut merupakan klasifikasi aktuator berdasarkan gerak yang dihasilkan: (Sumbodo, W., dkk, 2017).

1. Aktuator gerakan linier

Merupakan jenis aktuator yang menghasilkan gerakan berupa gerak linier berupa gerakan maju dan mundur yang ditunjukkan pada gambar 2.11. Aktuator gerak linier terdapat dua jenis yaitu:

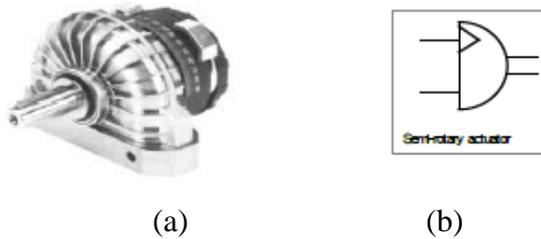
- a. *Single acting cylinder* (silinder kerja tunggal).
- b. *Double acting cylinder* (silinder kerja ganda).



Gambar 2.11 Gambar dan simbol (a) *Single acting cylinder* (b) *Double acting cylinder* (Sumbodo, W., dkk, 2017)

2. Aktuator gerakan rotasi

Merupakan silinder pneumatik yang menghasilkan gerakan putar yang sudut putarnya tidak terbatas bila terhadap peralatan ini dialiri udara yang dimampatkan, aktuator gerakan rotasi ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 (a) Aktuator gerakan rotasi (b) simbol pada rangkaian
(Sumbodo, W., dkk, 2017)

Pada sistem pneumatik fluida yang digunakan adalah angin bertekanan untuk menggerakkan aktuator, jenis aktuator yang akan penulis gunakan adalah silinder kerja ganda.

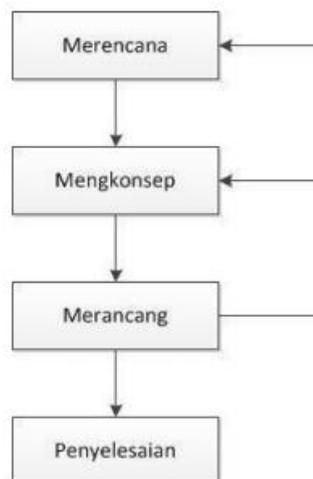
2.2.11 Baterai

Baterai adalah perangkat penyimpanan energi elektrokimia. Energi kimia yang terkandung dalam baterai dapat diubah menjadi energi listrik DC. Pada baterai isi ulang, proses tersebut dapat dibalik yaitu mengubah energi listrik DC menjadi energi kimia. Baterai isi ulang diklasifikasikan oleh bahan kimia yang digunakan, bahan reaktan dan reaksi kimia merupakan dasar dari Pembentukan mekanisme penyimpanan energi. Empat bahan kimia yang umum digunakan dalam aplikasi konsumen: *lead-acid*, *nickel-cadmium* (NiCd), *nickel-metal hydride* (NiMH), *lithium ion* (Li-Ion) dan *lithium polymer* (Li-Po) (Geist, Tom, *et al.* 2006).

Baterai ion litium (biasa disebut Baterai Li-ion atau LIB) adalah salah satu anggota keluarga baterai isi ulang. Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai Li-ion memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan litium metalik yang dipakai di baterai litium non-isi ulang (Albarri, T. 2013). Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan baterai *lithium-ion* 18650.

2.2.12 Perancangan VDI 2222

VDI merupakan singkatan dari *Verein Deutsche Ingenieuer* yang artinya adalah Persatuan Insinyur Jerman. Perancangan menurut VDI 2222 lebih sederhana dan lebih singkat (Pahl, G., dan Beitz, W, 2007) Tahapan perancangan menurut VDI 2222 ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Perancangan VDI 2222 (Pahl, G., dan Beitz, W, 2007)

Urutan tahapan perancangan menurut VDI 2222 adalah sebagai berikut

1. Merencana

Merencanakan desain apa yang akan dibuat. Tahap ini berisi tentang masukan desain dan rencana realisasi desain tersebut. Tahapan ini sama dengan tahap *input* desain dan rencana desain.

2. Mengkonsep

Memberikan sketsa dan spesifikasi teknis terhadap ide desain yang sudah ditetapkan.

3. Merancang

Memberikan desain wujud dan desain rinci terhadap ide desain. Ide ini sudah melewati analisa, pemilihan dan penentuan ide desain.

4. Penyelesaian

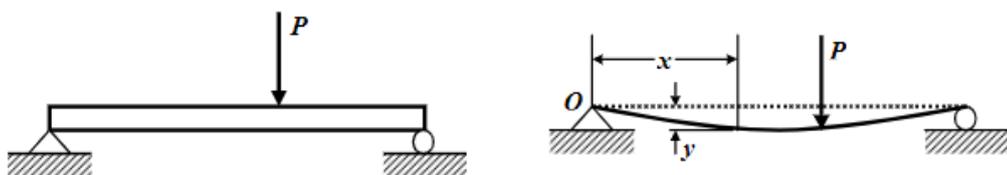
Melakukan *finishing* terhadap rancangan desain, dengan melakukan verifikasi terhadap konsumen/marketing dan menyiapkan dokumen untuk disampaikan kepada lini produksi (Pahl, G., dan Beitz, W, 2007).

2.2.13 Metode Elemen Hingga

Konsep dasar dari metode elemen hingga adalah membagi struktur menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang jumlahnya berhingga, kemudian melakukan analisis gabungan terhadap elemen-elemen tersebut. Metode ini dapat dilakukan menggunakan *software* SOLIDWORKS. *Solidworks* dapat melakukan berbagai macam simulasi yang berbeda seperti: *Static, Thermal, Frequency, Drop Test, Fatigue*, dan lainnya. Hasil dari simulasi ini adalah berupa data besarnya deformasi, Equivalent Von-Mises Stress, safety factor dan lainnya (Bhavikatti, S.S, 2005).

2.2.14 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Defleksi sangat lah mudah dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Gambar 2.14 (a) menunjukkan posisi awal sebelum terjadinya deformasi dan gambar 2.14 (b) adalah balok dalam posisi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan.



Gambar 2.14 (a) Balok sebelum deformasi, (b) Balok mengalami deformasi

(Hariandja, B. 1996)

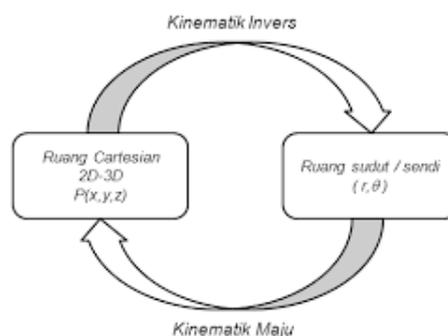
Sistem struktur yang di letakkan horizontal dan yang terutama diperuntukkan memikul beban lateral,yaitu beban yang bekerja tegak lurus sumbu aksial batang (Hariandja, B. 1996). Beban semacam ini khususnya muncul sebagai beban gravitasi,seperti misalnya bobot sendiri,beban hidup vertical,beban *crane* dan lain-lain.

2.2.15 Tegangan *Von Mises*

Teori atau tegangan *Von Mises* adalah teori kegagalan yang diperkenalkan oleh Huber pada tahun 1904 dan disempurnakan oleh von mises dan heckly. Tegangan von mises merupakan tegangan yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada *material* apabila *material* mendapatkan tegangan triaksial yang menghasilkan energi regangan. Kegagalan terjadi ketika besar energi regangan dari tegangan triaksial sama dengan energi regangan dari uji tarik standar *material* ketika mulai terjadi luluh (Bhandari, V. B. 1994).

2.2.16. Implementasi Kinematika Lengan Robot

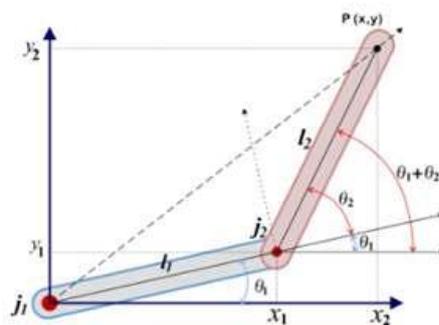
Kinematika maju atau *forward kinematic* merupakan analisi kinematik agar mendapatkan posisi titik koordinat kartesian $P(x,y,z)$ jika yang diketahui besar sudut tiap sendi (θ). Sedangkan kinematik balikan atau *invers kinematic* adalah analisis kinematik agar mendapatkan besar sudut angular tiap sendi (θ) jika yang diketahui titik koordinat $P(x,y,z)$. Konsep dari kinematika dijelaskan pada gambar 2.15 (Pitowarno, E., 2006)..



Gambar 2.15 Kinematika Maju dan Kinematika *Invers* (Pitowarno, E., 2006)

Kinematika Robot Lengan yang dipakai adalah dengan konfigurasi robot lengan 2 sendi yang bisa terlihat pada gambar 2.16 dimana panjang lengan dilambangkan dengan huruf l , sedangkan titik sudut lengan robot dilambangkan dengan huruf j . Sudut θ_1 dan sudut θ_2 diukur dari titik sumbu x terhadap lengan robot. Apabila variabel diketahui adalah besar sudut (θ), maka untuk mendapatkan kedudukan ujung lengan atau *end effector* yang dinyatakan sebagai $P = (x,y)$ adalah dengan menggunakan analisis kinematik maju (Pitowarno, E., 2006).

Pada lengan robot ini hanya menggunakan analisis *forward kinematic* untuk menentukan titik *effector* lengan yang berupa *gripper* terhadap titik bidang miring.



Gambar 2.16 Konfigurasi Robot Lengan Dua Sendi (Pitowarno, E., 2006)

Pada lengan robot yang dibuat menggunakan perhitungan *forward kinematik* 2 DOF untuk menentukan titiknya. Berikut merupakan uraian dari perhitungan kinematika maju (Pitowarno, E., 2006):

$$x_1 = l_1 \times \cos \theta_1 + l_2 \times \cos (\theta_1 + \theta_2) \quad (2.9)$$

$$y_1 = l_1 \times \sin \theta_1 + l_2 \times \sin (\theta_1 + \theta_2) \quad (2.10)$$

Keterangan:

x_1 = Titik x lengan 1 [cm]

y_1 = Titik y lengan 1 [cm]

l_1 = Panjang lengan bawah [cm]

l_2 = Panjang lengan atas [cm]

θ_1 = Sudut lengan bawah terhadap sumbu x [°]

θ_2 = Sudut lengan atas terhadap lengan bawah [°]

2.2.17. Proses Produksi

Menurut Rochim, T. (2007) pada bukunya yang berjudul *Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Permesinan*, proses produksi dapat diartikan sebagai suatu cara, metode dan Teknik bagaimana sesungguhnya sumber-sumber (tenaga kerja, mesin, bahan dan dana) yang ada diubah untuk memperoleh suatu hasil. Produksi yaitu kegiatan yang bertujuan untuk menambah guna nilai sebuah barang ataupun jasa, ataupun memperbesar guna yang ada. Dengan menggabungkan kedua definisi diatas proses produksi dapat diartikan sebagai cara untuk meningkatkan nilai guna sebuah barang dengan memanfaatkan tenaga kerja, mesin, dan juga bahan yang ada.

Adapun klasifikasi produksi pada tugas akhir ini yaitu:

1. Proses pengukuran

Mengukur dapat di definisikan sebagai proses penentuan nilai atau kuantitas dari suatu besaran fisis tertentu (Santoso, D. R., 2017) Pengukuran ini diperlukan untuk mendapatkan hasil yang presisi.

Terdapat tiga elemen penting dalam kegiatan pengukuran, yaitu *measurand*, *instrument*, dan *observer*. *Measurand* adalah besaran fisis yang nilainya akan ditentukan, misalnya pengukuran plat baja, mengukur kecepatan motor, dan juga mengukur tekanan. *Instrument* adalah alat ukur yang digunakan pada proses penentuan nilai atau kuantitas dari *measurand*, contohnya micrometer sekrup, meteran, snap gauge dll. *Observer* (pengamat) adalah orang yang melakukan kegiatan atau mengaati hasil pengukuran. Data yang telah di kumpulkan oleh observer kemudian dicatat dan diterapkan pada proses produksi.

Dalam mengukur perlu memperhatikan beberapa aspek, berikut aspek-aspek yang perlu diperhatikan saat mengukur:

- a. Akurasi, yaitu kedekatan alat ukur membaca pada nilai yang sebenarnya dari variabel yang diukur.
- b. Presisi, yaitu pengukuran yang dihasilkan dari proses pengukuran, atau derajat untuk membedakan satu pengukuran dengan pengukuran lainnya.
- c. Kepekaan, yaitu ratio dari sinyal output atau tanggapan alat ukur perubahan input atau variabel yang diukur.

- d. Resolusi, yaitu perubahan terkecil dari nilai pengukuran yang mampu ditanggapi oleh alat ukur.
- e. Kesalahan, yaitu penyimpangan dari nilai sebenarnya variabel yang diukur.

2. Proses pemotongan

Menurut Widarto. (2003) pada buku Teknik Permesinan pemotongan adalah proses yang paling dasar dilakukan baik pada awal proses maupun akhir proses. Pemotongan bahan dapat dilakukan dengan berbagai cara, bisa secara manual ataupun otomatis. Proses pemotongan manual bisa menggunakan pisau, gergaji, ataupun gerinda tangan. Sedangkan untuk pemotongan otomatis contohnya menggunakan mesin CNC. Gerinda merupakan salah satu jenis mesin perkakas yang fungsinya untuk mengasah dan memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Gerinda memiliki beberapa jenis, salah satunya mesin gerinda tangan yang berfungsi untuk mengikis benda kerja dan memotong benda kerja.

3. Proses gurdi

Proses gurdi adalah proses permesinan yang paling sederhana yang digunakan untuk proses pembuatan lubang silindris (Widarto, 2008). Proses gurdi merupakan proses pemesinan yang paling sering digunakan setelah proses bubut karena hampir semua komponen dan produk permesinan mempunyai lubang, mesin gurdi ditunjukkan pada gambar 2.17. Jika benda itu dituntut kepresisian yang tinggi pada dinding lubang, maka diperlukan pengerjaan lanjutan dengan pembenam atau penggerek.



Gambar 2.17 Foto mesin gurdi

Parameter proses gurdi pada dasarnya sama dengan parameter proses yang lain, tetapi proses gurdi selain kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong perlu dipertimbangkan pula gaya aksial, dan momen puntir yang diperlukan. Parameter gurdi tersebut sebagai berikut (Rochim, 2007):

- a. Kecepatan potong:

$$V = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.11)$$

Keterangan:

V = kecepatan potong [m/menit]

d = diameter gurdi [mm]

n = putaran *spindle* [rpm]

- b. Gerak makan:

$$V_f = F_z \times z \times n \quad (2.12)$$

Di mana F_z

Untuk baja:

$$F_z = 0.084 \sqrt[3]{d} \quad (2.13)$$

Untuk besi tuang:

$$F_z = 0.13 \sqrt[3]{d} \quad (2.14)$$

Keterangan:

F_z = gerak makan / mata potong	[mm/put]
d = diameter mata bor	[mm]
V_f = kecepatan makan	[mm/menit]
n = putaran <i>spindle</i>	[rpm]
z = jumlah mata potong	

c. Waktu pemotongan:

$$t_c = \frac{l_t}{V_f} \quad (2.14)$$

Keterangan:

t_c = waktu pemotongan	[menit]
V_f = kecepatan makan	[mm/menit]
$l_t = l_v + l_w + l_n$	[mm]
l_v = panjang langkah awal	[mm]
l_w = panjang pemotongan	[mm]
l_n = panjang langkah akhir	[mm]

Di mana $l_n = \frac{d}{2 \tan kr}$

4. Proses pengelasan

Menurut Yurianto, A., dan Rusmawan, A., 2019 pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Sebelum melakukan pengelasan ada baiknya merencanakan *material* pengelasan dan sambungannya secara hati-hati, agar hasil yang didapat sesuai dengan apa yang diharapkan. Contoh hal yang kurang diinginkan saat mengelas adalah terjadinya keretakan pada

sambungan, keretakan ini biasanya disebabkan oleh prosedur pengelasan dan desain yang kurang baik.

Salah satu klasifikasi dari las adalah las busur listrik. Las busur listrik biasanya disebut dengan las listrik, las ini termasuk suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Jadi sumber panas pada las listrik ditimbulkan oleh busur api arus listrik, antara elektroda dan benda kerja. Elektroda mencair bersama-sama dengan benda kerja akibat dari busur api listrik.