

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari studi sebelumnya yang menjadi landasan perbandingan. Data-data penelitian sebelumnya yang terkait dengan mesin las mig rotary menjadi titik tolak utama dalam analisis perbandingan. Beberapa contoh dari penelitian sebelumnya mencakup.

Muhammad Farhanudin (2016) telah mengembangkan merancang dan memproduksi mesin las putar (proses permesinan). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan desain mesin las putar. Mesin pengelasan rotari adalah mesin yang digunakan untuk mengelas logam silinder kosong menggunakan proses las MIG (Gas Metal Inert). Mesin pengelasan rotari ini dijalankan oleh motor listrik 1/2 HP yang telah dikurangi kecepatan melalui peredam 1:60. Pisau las MIG didekatkan ke permukaan benda kerja yang akan disatukan, dan kemudian benda kerja diputar sambil tombol ditekan. Dengan menggunakan metode uji coba, pengaturan tegangan pada skala memberikan hasil terbaik untuk pipa besi kosong dengan ketebalan 1,6 mm, diameter luar 32 mm, dan diameter dalam 32 mm dengan mengatur tegangan pada skala empat dan kecepatan filler sebesar tiga centimeter per detik..

Menurut Nur Akhmad Triwibowo, dkk. (2015) telah mengembangkan perancangan menggunakan teknologi otomatis dalam proses pengelasan MIG untuk meningkatkan kualitas dari hasil sambungan las. Penelitian ini bertujuan merancang

bangun sistem otomasi gerak las MIG (*Metal Inert Gas*) agar kualitas sambungan las yang dihasilkan bisa konsisten sehingga mendukung upaya penelitian dibidang pengelasan. Langkah-langkah dalam rancang bangun sistem otomasi gerak las MIG adalah identifikasi kebutuhan pemakai, penetapan spesifikasi alat, design alat, proses manufaktur komponen, perakitan komponen, kalibrasi dan pengujian lintasan gerak. Dengan menggunakan *software* aplikasi *Lasergrav*, input perintah diberikan dalam bentuk gambar lintasan, sehingga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan alat ini. Lintasan gerak las MIG dapat berbentuk garis lurus dan zigzag. Untuk keperluan pengujian, lintasan gerak dapat berbentuk lingkaran, kotak dan bentuk lain yang lebih rumit mengikuti input perintah yang diberikan. Kecepatan gerak probe las dapat diatur, dapat dimulai dengan kecepatan gerak minimal 1 mm/s dan dinaikkan dengan *interval* 1 mm/s. Pengujian lintasan gerak menunjukkan hasil yang baik. Sambungan las terlihat lurus dan rapi. Sistem otomasi gerak las MIG yang dikembangkan menunjukkan pergerakan yang cukup bagus dan dapat mendukung upaya penelitian di bidang pengelasan.

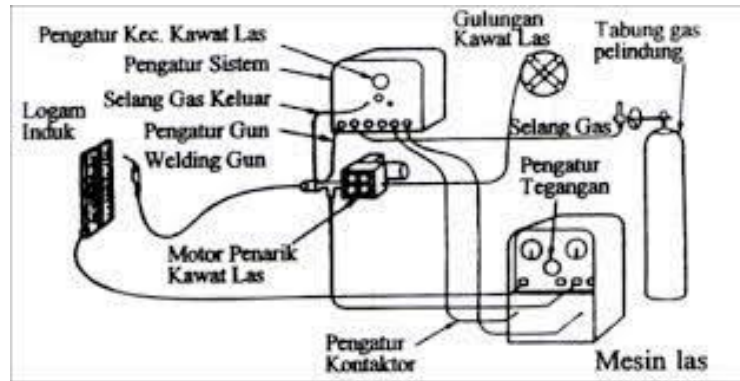
Menurut Syafi'i (2020), Dalam penyambungan logam, sistem pengelasan sangat penting karena mempengaruhi hasil pengelasan. Banyak sistem pengelasan yang ada saat ini menggunakan pengelasan manual, tetapi sistem pengelasan manual membutuhkan teknik dan ketelitian yang tinggi untuk mendapatkan hasil terbaik, dan teknik ini hanya dapat dilakukan oleh orang-orang tertentu atau orang yang sudah ahli di bidang ini. Sistem pengelasan memerlukan waktu yang lama dan membutuhkan ketelitian yang tinggi. Perancang membuat prototipe alat mekanik untuk sistem pengelasan semi-otomatis yang dapat digunakan dalam proses

pengelasan tanpa membutuhkan delapan keterampilan khusus. Ini akan memaksimalkan hasil. Sistem mekanik alat ini terdiri dari dua motor listrik dan rel roda gigi. Motor pertama menggerakkan alat, dan motor kedua menggerakkan penggerak nozzle mesin las. Daya motor pertama adalah 29,5 watt dan 11, Nm, dan motor kedua adalah 3,04 watt dan 1,6 Nm, menurut perhitungan..

2.2 Mesin Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Las MIG adalah metode penyambungan logam di mana dua atau lebih bahan logam dilebur secara lokal untuk membentuk satu kesatuan. Proses ini menggunakan elektroda gulungan yang identik dengan logam dasar dan gas pelindung untuk melindungi daerah kerja. Las MIG melibatkan penggunaan busur gas di mana kawat las digunakan sebagai elektroda. Gerakan kawat las dikendalikan oleh motor listrik. Dalam proses ini, gas argon dan helium digunakan untuk melindungi busur dan mencegah logam dari pengaruh atmosfer.

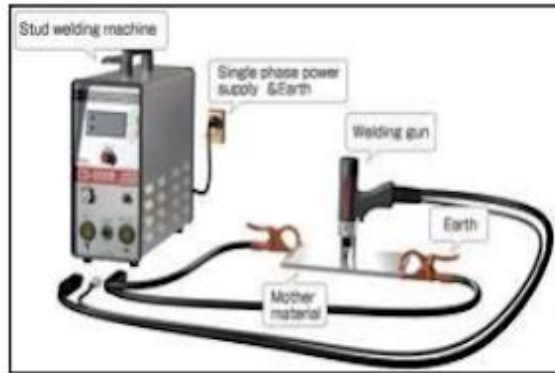
Pada dasarnya, mesin las MIG (*metal inert gas*) memiliki sistem pembangkit tenaga yang sama dengan mesin SMAW. Mesin las arus bolak balik (*Alternating Current/ACW Welding Machine*) dan mesin las arus searah (*Direct Current/DC Welding Machine*) terbagi menjadi dua kategori. Namun, karena kebutuhan pekerjaan dan jenis bahan yang dilas, yang sebagian besar adalah baja, proses pengelasan biasanya dilakukan dengan mesin las arus searah. Adapun rangkaian perlengkapan mesin las adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Rangkaian mesin las MIG (Iswanto,2020)

Mesin las MIG biasanya berkemampuan hingga 250 ampere. dilengkapi dengan sistem kontrol, sistem pendingin, penggulung kawat gas pelindung, dan komponen lainnya. Sumber daya untuk las MIG (*gas metal inert*) adalah mesin las bertegangan konstan. Tenaga yang dikeluarkan berubah sesuai dengan panjang busur.

Panjang busur diukur sebagai jarak yang terdiri dari jarak antara ujung elektroda dan benda kerja. Panjang busur ini dapat disesuaikan. Jika busur lebih pendek dari sebelumnya, arus bertambah dan kecepatan kawat berkurang; jika busur lebih panjang, arus berkurang dan kecepatan kawat bertambah. Sistem otomatis yang mengatur sendiri seperti ini menjamin panjang busur yang konstan dan hasil pengelasan yang optimal. Sebagai contoh dari mesin las mig yang disebutkan di atas, contohnya adalah sebagai berikut:



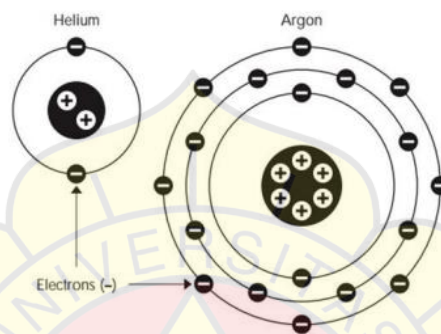
Gambar 2.2 Mesin Las MIG (Iswanto,2020)

2.3 Gas Pelindung

Gas perlindungan memiliki peran dalam menjaga stabilitas busur dan melindungi logam cair dari proses oksidasi selama proses pengelasan. Pada pengelasan GMAW, gas pelindung terbagi ke dalam dua kelompok utama, yakni gas non-reaktif atau inert seperti argon dan helium, serta gas reaktif yang seperti CO₂, O₂, H₂. Gas non-reaktif atau gas inert argon dan helium berperan sebagai gas pelindung yang tidak berinteraksi dengan logam cair yang terdapat di dalam kolam las. (Lincoln Electric 2014:12).

Gas mulia seperti argon dan helium adalah gas pelindung yang sering digunakan dalam pengelasan GMAW. Gas mulia membantu menjaga kelangsungan reaksi ionisasi selain melindungi dari oksidasi. Karena gas argon lebih mudah menyala dan stabilisasi busur karena energi ionisasinya yang lebih rendah, gas argon lebih sering digunakan daripada helium dalam pengelasan GMAW. Ini terjadi ketika elektron terluar dari atom gas dilepaskan, membentuk ion atau elektron bebas. Energi yang diperlukan untuk memindahkan sebuah elektron dari atom gas untuk membentuk ion dinyatakan dalam satuan elektron volt (Ev) dikenal sebagai energi ionisasi (Praxair, 1998: 6).

Karena jumlah lapisan elektron yang lebih banyak pada atom argon dibandingkan dengan helium, energi ionisasi argon lebih rendah dari pada helium. Akibatnya, ikatan antara elektron di lapisan terluar dengan inti atom (nukleus) argon lebih lemah daripada pada helium, sehingga elektron lebih mudah dilepaskan dari atom, menurunkan energi ionisasi. Plasma dapat dibentuk oleh elektron dan busur listrik terlepas dari reaksi ionisasi (Praxair, 1998:6).



Gambar 2.3 Struktur atom gas helium dan argon (Praxair, 1998:7)

2.4 Pengelasan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1994), "las" berarti menyatukan besi dengan cara membakar. Berikut ini adalah beberapa definisi Las yang ditemukan dalam referensi teknis:

Menurut definisi Deutche Industrie Normen (DIN) dalam Harsono dkk (1991:1), "las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair." Sementara Maman Suratman (2001:1) mengatakan bahwa "las adalah salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas." Sementara Las digunakan oleh Sriwidartha untuk menyambung benda padat dengan mencairkannya melalui pemanasan.

Didasarkan pada beberapa pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa las adalah proses menyambungkan dua bagian logam atau lebih menggunakan panas. Pengelasan gas dan listrik adalah dua kategori utama proses pengelasan.

2.5 Parameter Pengelasan

Parameter las adalah variabel yang mempengaruhi hasil pengelasan, baik dari pengujian mekanik maupun visual. Pemilihan parameter las yang salah dapat menyebabkan cacat las dan sifat mekanik hasil pengelasan tidak memenuhi standar atau kode. Berikut ini adalah penjelasan parameter las.

1. Arus Pengelasan

Sangat penting untuk hasil pengelasan, dimulai dari kedalaman penetrasi atau fusi weld metal dengan benda kerja. Catatan: Semakin besar arus yang digunakan, semakin dalam penetrasi, dan sebaliknya, jika arus lebih kecil, penetrasi lebih dangkal. Karena titik lebur material yang berbeda akan mempengaruhi tingkat mencair logam induk, pemilihan arus yang signifikan ini harus diperhatikan dengan cermat selama proses pengelasan.

2. Arc Voltage

Tegangan busur atau arus ini sangat terkait dengan panjang busur las atau jarak elektroda dari benda kerja selama proses pengelasan. Proses pengelasan seperti GMAW, SAW, dan FCAW dipengaruhi oleh sumber daya dan berbeda sesuai dengan arus. Mengubah voltase dapat mempengaruhi hasil pengelasan, baik kedalaman maupun lebarnya. Besar filler metal yang mencair ke benda kerja sangat dipengaruhi oleh arus voltase gas, selama proses pembakaran arus logam.

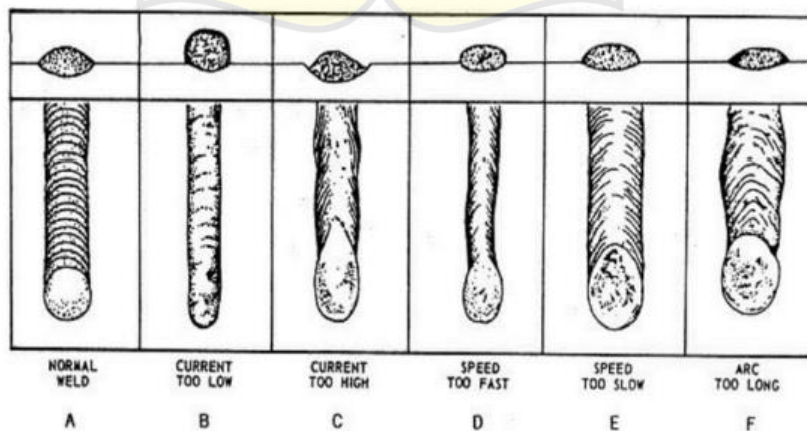
3. Polaritas

Pemilihan polaritas ini memengaruhi konsentrasi panas yang lebih besar yang dihasilkan baik pada elektroda, maupun benda kerja. Proses pengelasan tertentu memiliki hasil dan fitur yang berbeda untuk konsentrasi panas, tetapi proses SMAW terbaik adalah menggunakan polaritas DCEP; untuk informasi lebih lanjut, lihat polaritas pada mesin las.

4. Kecepatan Pengelasan (*Travel Speed*)

Kecepatan mengelas juga mempengaruhi hasil, kita harus menyesuaikan kecepatan dengan besar arus yang digunakan. Agar profil pengelasan, penetrasi, dan sambungan las yang sesuai dengan persyaratan penerimaan, arus las dan kecepatan harus seimbang, karena arus yang lebih tinggi akan menyebabkan elektroda mencair lebih cepat, sehingga meningkatkan kecepatan perjalanan agar lebar las tidak terlalu besar.

Parameter las berfungsi sebagai penentu kualitas pengelasan secara visual, kekuatan, uji mekanik, dan ketajaman. Dengan parameter las yang tepat, hasil akan sesuai dengan standar dan kode yang diterima. Gambar berikut menunjukkan hasil pemilihan parameter las dan penjelasannya.



Gambar 2.4 Gambar hasil pemilihan parameter las (ASM *International Hand Book Comitte*, 1995)

A. Parameter las yang sesuai

Gambar A menunjukkan bahwa parameter las yang digunakan sudah sesuai dengan besar arus, voltase, dan kecepatan las. Ini ditunjukkan oleh ketinggian dan lebar las yang seimbang dan rata.

B. Ampere terlalu rendah

Hasil las yang menggunakan arus terlalu rendah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar B, memiliki lebar yang lebih kecil daripada ketinggian lasan yang lebih tinggi.

C. Arus las terlalu tinggi

Hasil pengelasan dengan arus terlalu tinggi ditunjukkan dalam Gambar C, hasilnya menunjukkan lebar lasan berlebih sementara ketinggian atau tebal lasan berkurang. Biasanya, daerah base metal memiliki beberapa cacat las *undercut*.

D. Travel speed terlalu cepat

Gambar D pengelasan rigi menunjukkan bahwa lebar lasan sangat kecil dan tidak berimbang dengan ketebalan lasannya. Karena, kecepatan pengelasan yang berlebihan mengakibatkan fusion dan penetrasi yang lebih rendah.

E. Kecepatan las terlalu rendah

Pengelasan yang terlalu lambat, menyebabkan hasil yang terlalu tinggi dan terlalu lebar. Ini terjadi, karena pengelasan yang terlalu lambat, yang menyebabkan filler metal menumpuk.

F. Busur las terlalu panjang

Saat proses pengelasan, jarak elektroda dengan benda kerja terlalu jauh menyebabkan panjang busur yang terlalu panjang. Ini menyebabkan panas pengelasan yang lebih tinggi dan konsentrasi busur yang kurang terfokus. Akibatnya, hasil pengelasan akan lebih lebar dan biasanya terjadi banyak spatter.

Sedangkan untuk parameter dalam pengelasan GMAW atau las MIG :

1) *Wire Feed Speed*

GMAW adalah jenis pengelasan semi-otomatis, di mana kecepatan elektroda yang keluar dari mesin pengelasan ditentukan oleh kecepatan yang diatur pada pengumpan kabel. Semakin cepat kawat las keluar, semakin besar arus pengelasan.

2) *Voltase*

Pada las GMAW, besarnya voltase digunakan untuk mengontrol panjang dan lebar busur.

3) *Arus*

Pengaturan arus ini dan pengaturan kecepatan kawat las yang keluar akan meningkatkan hasil penembusan las.

4) *Metal transfer.*

5) *Spray transfer.*

6) *Globular transfer.*

7) *Dip transfer.*

8) *Pulse transfer.*

9) *Shielding gas*.

10) *Flowrate*.

11) Jenis gas.

2.6 Pipa Silinder

Pipa, yang biasanya disamakan dengan "pipa", adalah selongsongan bundar (silinder berongga) yang digunakan untuk mengalirkan cairan atau gas. Pipa dapat terbuat dari berbagai macam bahan sesuai dengan kebutuhannya, seperti besi, tembaga, kuningan, plastik, PVC, aluminium, dan baja tahan karat. Mukti Wibowo dari tahun 1974..

Pipa adalah batang silinder berongga yang dapat mengalirkan cairan, uap, gas, atau zat padat seperti tepung atau serbuk. Pipa berbeda karena kekuatan tekanan, ketebalan dinding, temperatur zat yang mengalir, jenis material korosif, dan kekuatan pipa.

Pipa adalah benda berbentuk silinder dengan lubang di tengahnya yang terbuat dari logam atau bahan lain. Mereka digunakan untuk mengalir atau mengangkut fluida cair, gas, atau padat. Fluida yang mengalir ini memiliki berbagai tingkat temperatur dan tekanan. Sementara tube adalah salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya, nominal pipa biasanya menentukannya.



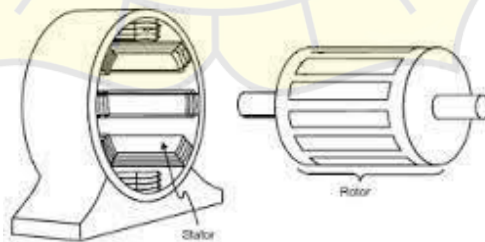
Gambar 2.5 Pipa Silinder (www.pipasilinder.com)

2.7 Komponen Utama Mesin Las Gerak Melingkar

2.7.1 Motor Induksi Satu Fasa

Salah satu jenis motor listrik yang menggunakan induksi elektromagnetik adalah motor induksi satu fasa. Sumber energi listrik motor induksi terletak di sisi stator. Sebaliknya, sistem kelistrikan di sisi rotor diindusikan melalui media elektromagnet melalui celah udara stator. Itu sebabnya diberi nama motor induksi. Di industri ini, motor induksi digunakan sebagai penggerak, seperti kompresor dan pompa; penggerak utama proses produksi atau mill; dan peralatan workshop, seperti mesin bor, grinda, dan kran.

Dua bagian motor induksi satu fasa adalah stator dan rotor. Dalam motor induksi, stator adalah bagian yang tidak bergerak, dan rotor adalah bagian yang bergerak yang bertumpu pada bantalan poros terhadap stator. Kumparan stator dan rotor berfungsi untuk menghasilkan gaya gerak listrik sebagai hasil dari arus bolak-balik satu fasa yang melewati kedua kumparan tersebut. Gambar 2.2 di bawah menunjukkan bentuk dan struktur motor tersebut.



Gambar 2.6 Konstruksi Motor Induksi Satu Fasa (Blocher, 2004)

2.7.2 Puli

Puli adalah bagian mesin yang mentransmisikan daya dan mengatur perbandingan putaran antara poros. Puli biasanya terbuat dari besi cor kelabu FC20 atau FC30, tetapi ada juga yang dibuat dari aluminium atau baja pres. Puli dihubungkan oleh sabuk untuk transmisi daya. Sistem ini memiliki keuntungan, karena bidang kontak sabuk dengan pulley luas dan tidak menimbulkan suara yang bising. (Sularso, 1997:174).

Berdasarkan diameter puli yang digerakkan, persamaan akan dinyatakan sebagai berikut:

$$d_2 = \frac{N_1 \cdot d_1}{N_2} \quad (2.1)$$

Di mana diameter puli yang digerakkan d_2 adalah mm, diameter puli penggerak d_1 adalah mm, dan putaran puli yang digerakkan N_2 adalah rpm.

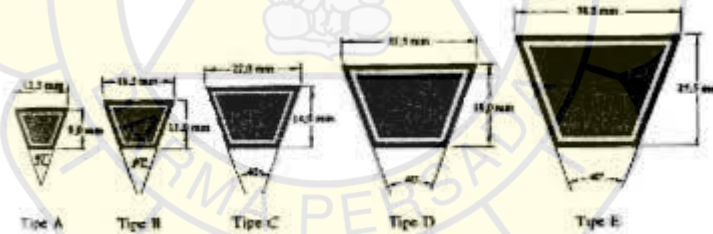
2.7.3 Sabuk V

Sabuk V penggerak berbentuk sabuk menggunakan gesekan tenaga yang disalurkan dari mesin penggerak untuk menghubungkan pulley penggerak dengan pulley yang akan digerakkan. Sebaliknya, sabuk melekat pada pulley tetapi tidak lengket, dan salah satu pulley harus diatur. (Pratomo dan Irwanto, 1983).

Untuk membuat sabuk berfungsi dengan baik, bahan harus memiliki kekuatan dan kelembutan. Selain itu, koefisien gesek antara sabuk dan pulley, massa setiap satuan panjang, dan ketahanan terhadap uap, kalor, dan debu dari lingkungan luar (Stolk dan Kros, 1993).

Tidak mungkin untuk melakukan transmisi langsung dengan roda gigi karena jarak yang sangat jauh antara dua poros. Solusi Sabuk-V dapat digunakan. Sabuk V, yang memiliki penampang trapesium dan dibuat dari karet, dipasang di sekitar alur V pulley. Saat digunakan, bagian sabuk yang melengkung pada pulley akan melengkung, meningkatkan lebar bagian dalamnya (Sularso, 1991:163).

Adapun rumus untuk mengukur Sabuk-V memiliki kelebihan lain yang meliputi kemampuannya menghasilkan transmisi daya yang tinggi pada tegangan yang relatif rendah. Dibandingkan dengan transmisi menggunakan roda gigi atau rantai, Sabuk-V beroperasi dengan lebih mulus dan hening. Meskipun memiliki kelebihan dibandingkan dengan transmisi lainnya, Sabuk-V juga memiliki kelemahan, yaitu rentan terhadap slip atau selip. Gambaran tentang tampilan Sabuk-V dapat dilihat pada (gambar 2.8) di bawah ini.



Gambar 2.7 V-Belt (Sularso, 1991 : 163)

Panjang sabuk melingkar dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan berikut:

$$L_1 = \pi (r_1+r_2) + 2.x + \frac{(r_1^2 - r_2^2)}{4.x} \quad (2.2)$$

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung kecepatan linier sabuk:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60} \quad (2.3)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan Linier (m/s)
- d = diameter pulley yang digerakan (m)
- N = putaran pulley yang digerakan (rpm)

2.7.4 Bantalan

A Bantalan adalah tempat poros berputar di dalam mesin, di mana porosnya bertumpu pada bagian yang terpisah. Bantalan ditempatkan di bagian mesin yang disebut blok bantalan. Gaya reaksi biasanya terjadi di dalam bantalan. Gaya reaksi lebih dominan dalam arah tegak lurus terhadap sumbu poros, sedangkan gaya reaksi lebih dominan sepanjang sumbu poros (Daryanto, 1993).

Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros

1. Bantalan luncur

Karena permukaan poros didukung oleh permukaan bantalan dan lapisan pelumas berfungsi sebagai perantara, poros dan bantalan bergesekan..

2. Bantalan gelinding

Bantalan ini mengalami gesek bergulir ketika bagian berputarnya mengalami gaya gesek diam melalui objek berbentuk bulat seperti bola, rol, atau rol bulat.

A. Berdasarkan orientasi atau arah beban terhadap sumbu utama atau pusat.

1. Bantalan radial

Arah dimana beban didukung oleh bantalan ini adalah secara vertikal sejajar dengan sumbu.

2. Bantalan aksial

Sudut beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.

3. Bantalan gelinding khusus

Bantalan ini mampu mendukung beban yang sejajar atau tegak lurus dengan sumbu poros. Meskipun bantalan bergulir memiliki keunggulan, beberapa pelanggan memilih bantalan geser dalam situasi tertentu, seperti ketika kebisingan dari bantalan menjadi masalah atau saat terjadi guncangan kuat selama rotasi bebas.

B. Perbandingan bantalan luncur dan gelinding

Menurut Elemen Mesin, Sularso, 1980, hal 103, perbandingan bantalan luncur dan bantalan gelinding adalah sebagai berikut:

1. Bantalan Luncur

Dapat mendukung rotasi tinggi pada poros dengan efektif, strukturnya tidak rumit dan dapat diproduksi serta dipasang dengan mudah. Penggunaan bantalan geser membutuhkan torsi awal yang signifikan. Bantalan ini mampu menyerap dampak dan getaran sehingga hampir tak menghasilkan suara karena adanya lapisan pelumas. Namun, proses pelumasan bantalan ini tidaklah mudah.

2. Bantalan Gelinding

Lebih sesuai untuk memikul beban ringan daripada menggunakan bantalan yang meluncur. Bantalan bergulir hanya diproduksi oleh sejumlah pabrik tertentu karena sulit dalam konstruksinya dan memerlukan tingkat presisi yang tinggi. Harganya lebih tinggi dibandingkan dengan bantalan yang meluncur.

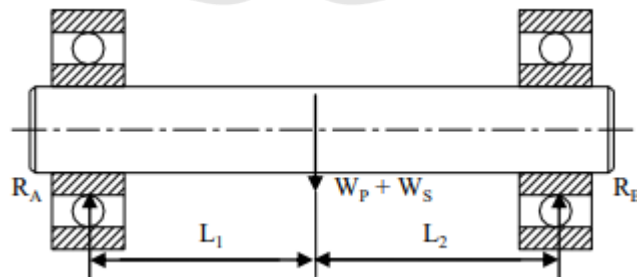
Kelebihan utama dari bantalan ini adalah gesekannya yang sangat rendah. Perawatannya juga cukup sederhana, hanya perlu menggunakan gemuk.

Tabel 2.1 Spesifikasi katalog bearing shaft as diameter 12-60 mm
(sumber : NTN “Ball and Roller Bearing Catalog”)

Shaft dia. mm	Unit number ⁽¹⁾	Dimensions mm									Fixing bolt	Number	Bearing		
		L	J	A ₂	A ₁	A	N	A ₀	B	S			Basic load rating dynamic C _r	Basic load rating static C _{0r}	Fatigue load limit C _u
12	UCF201	86	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC201D1	14.2	6.65	0.505
15	UCF202	86	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC202D1	14.2	6.65	0.505
17	UCF203	86	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC203D1	14.2	6.65	0.505
20	UCF204	86	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC204D1	14.2	6.65	0.505
25	UCF205	95	70	16	13	27	12	35.8	34.1	14.3	M10	UC205D1	15.5	7.85	0.55
	UCFX05	108	83	18	13	30	12	40.2	38.1	15.9	M10	UCX05D1	21.6	11.3	0.795
	UCF305	110	80	16	13	29	16	39	38	15	M14	UC305D1	23.5	10.9	0.855
30	UCF206	108	83	18	13	31	12	40.2	38.1	15.9	M10	UC206D1	21.6	11.3	0.795
	UCFX06	117	92	19	14	34	16	44.4	42.9	17.5	M14	UCX06D1	28.4	15.3	1.09
	UCF306	125	95	18	15	32	16	44	43	17	M14	UC306D1	29.5	15.0	1.14
35	UCF207	117	92	19	15	34	14	44.4	42.9	17.5	M12	UC207D1	28.4	15.3	1.09
	UCFX07	130	102	21	14	38	16	51.2	49.2	19	M14	UCX07D1	32.5	17.8	1.24
	UCF307	135	100	20	16	36	19	49	48	19	M16	UC307D1	37.0	19.1	1.47
40	UCF208	130	102	21	15	36	16	51.2	49.2	19	M14	UC208D1	32.5	17.8	1.24
	UCFX08	137	105	22	14	40	19	52.2	49.2	19	M16	UCX08D1	36.0	20.4	1.60
	UCF308	150	112	23	17	40	19	56	52	19	M16	UC308D1	45.0	24.0	1.83
45	UCF209	137	105	22	16	38	16	52.2	49.2	19	M14	UC209D1	36.0	20.4	1.60
	UCFX09	143	111	23	14	40	19	55.6	51.6	19	M16	UCX09D1	39.0	23.2	1.82
	UCF309	160	125	25	18	44	19	60	57	22	M16	UC309D1	58.5	32.0	2.50
50	UCF210	143	111	22	16	40	16	54.6	51.6	19	M14	UC210D1	39.0	23.2	1.82
	UCFX10	162	130	26	20	44	19	59.4	55.6	22.2	M16	UCX10D1	48.0	29.2	2.29
	UCF310	175	132	28	19	48	23	67	61	22	M20	UC310D1	68.5	38.5	2.99
55	UCF211	162	130	25	18	43	19	58.4	55.6	22.2	M16	UC211D1	48.0	29.2	2.29
	UCFX11	175	143	29	20	49	19	68.7	65.1	25.4	M16	UCX11D1	58.0	36.0	2.83
	UCF311	185	140	30	20	52	23	71	66	25	M20	UC311D1	79.5	45.0	3.50
60	UCF212	175	143	29	18	48	19	68.7	65.1	25.4	M16	UC212D1	58.0	36.0	2.83
	UCFX12	187	149	34	21	59	19	73.7	65.1	25.4	M16	UCX12D1	63.5	40.0	3.15
	UCF312	195	150	33	22	56	23	78	71	26	M20	UC312D1	90.5	52.0	4.10

B. Perhitungan Beban Dan Umur Bantalan

1. Perhitungan Beban ekuivalen



Gambar 2.8 Beban ekuivalen

(Sumber : <https://www.scribd.com/perhitunganbantalan>)

Untuk bantalan radial, adapun rumus untuk beban radial:

$$P = X \cdot V \cdot Fr + Y \cdot Fa \quad (2.4)$$

Untuk bantalan aksial, adapun rumus untuk beban aksial:

$$P = X \cdot Fr + Y \cdot Fa \quad (2.5)$$

Dimana:

P = Beban dinamik bantalan aktual (kN)

Fr = Beban radial bantalan aktual (kN)

Fa = Beban aksial bantalan aktual (kN)

X = *Radial load factor*

Y = *Aksial load factor*

Tabel 2.2 Faktor-Faktor V, X, Y, X_0 dan Y_0

Beban puntir pada cincin dalam	Beban puntir pada cincin luar	Baris Tunggal		Baris ganda				E	Baris tunggal		Baris ganda		
		$Fa / VFr > e$		$Fa / VFr \geq e$					X0	Y0	X0	Y0	
		X	Y	X	Y	X	Y						
1	1,2		2,30					2,30	0,19				
			1,99					1,90	0,22				
			1,71					1,71	0,26				
			1,55					1,55	0,28				
		0,56	1,45	1	0	0,56	1,45	0,30	0,6	0,5	0,6	0,5	
			1,31					1,31	0,34				
			1,15					1,15	0,38				
			1,04					1,04	0,42				
	1,00					1,00	0,44						
1	1,2		0,43	1,00	1,09	0,70	1,63	0,57		0,42		0,84	
			0,41	0,87		0,92	0,67	1,41	0,68		0,38		0,76
			0,39	0,76	1	0,78	0,63	1,24	0,80	0,5	0,33	1	0,66
			0,37	0,66		0,66	0,60	1,07	0,95		0,29		0,58
			0,35	0,57		0,55	0,57	0,93	1,14		0,26		0,52

Untuk bantalan garis tunggal $Fa / VFr < e$, $X = 1$, $Y = 0$

Untuk bantalan yang membawa beban radial F_r dan beban aksial F_a , beban radial ekuivalen statis P_0 dan beban aksial ekuivalen statis P_{oa} dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$

$P_0 = F_r$, dan diambil lebih besar

$$P_0 = F_a + 2,3 F_r \tan a$$

Harga-harga faktor X_0 dan Y_0 juga terdapat pada tabel

2. Perhitungan umur nominal

Sebagai berikut, umur nominal L dapat dihitung, yang merupakan 90% dari jumlah sampel yang tidak menunjukkan kerusakan karena kelelahan gelinding setelah berputar 1 juta putaran:

Jika C (kg) menyatakan beban nominal dinamis spesifik dan P (kg) beban ekuivalen dinamis, maka faktor kecepatan F_n adalah:

$$\text{Untuk bantalan bola, } F_n = (33,3/n)^{1/3}$$

$$\text{Untuk bantalan roll, } F_n = (33,3/n)^{1/10}$$

Faktor umur bantalan:

$$\text{Untuk kedua bantalan, } F_h = F_n C/P$$

Umur nominal F_h adalah:

$$\text{Untuk bantalan bola, } L_h = 500 F_h^3$$

$$\text{Untuk bantalan rol, } L_h = 500 F_h^{10/3}$$

Bantalan modern dirancang dengan L_h yang dikalikan dengan faktor koreksi. karena perbaikan besar dalam kualitas bahan dan tuntutan keandalan yang lebih

tinggi seiring bertambahnya umur bantalan. Jika L_n menunjukkan keandalan umur $(100-n)\%$, maka:

$$L_n = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h$$

Dimana:

a_1 : faktor kendalan $a_1 =$ bila keandalan 90 % dipakai seperti biasanya, atau 0,21 bila keandalan 99 % dipakai.

a_2 : faktor keandalan $a_2 = 1$ untuk bahan baja bantalan yang dicairkan secara terbuka, dan kurang lebih = 3 untuk baja bantalan de-gas hampa.

a_3 : faktor kerja, $a_3 = 1$ untuk kondisi kerja normal, dan kurang dari 1 untuk hal-hal berikut ini (karena kondisinya tidak menguntungkan umur bantalan):

- i. Bantalan bola yang dipenuhi dengan pelumasan minyak dengan viskositas 13 (cSt) atau lebih rendah.
 - ii. Bantalan rol yang menggunakan pelumas minyak dengan viskositas 20 (cSt) atau lebih rendah.
 - iii. Kecepatan rendah, jika diameter jarak dibagi dengan elemen gelinding sama dengan atau kurang dari 10.000 rpm.
- Perhitungan L tidak dilakukan jika bantalan diam saat cincin dalam, cincin luar, dan elemen gelinding berputar bersama sebagai satu kesatuan (tidak ada gerakan relatif antara kegitan bagian tersebut), atau jika bantalan berputar dengan putaran tidak lebih dari 10 rpm.

2.8 Torsi

Menurut Endarko (2008:115) Sebuah benda yang berotasi diakibatkan oleh sebuah besaran yang disebut dengan torsi atau momen gaya. Seperti pada gerak

translasi, torsi mengakibatkan adanya percepatan sudut. Artikel berikut ini akan membahas mengenai torsi atau momen gaya. Torsi, juga dikenal sebagai momen gaya, adalah gaya eksternal yang membuat benda bergerak melingkar mengelilingi sumbu putarnya. Jika benda berputar searah jam, atau berlawanan jam, momen gaya atau torsi bernilai positif, tetapi jika benda berputar berlawanan jam, maka momen gaya atau torsi bernilai negatif. Formula untuk menghitung momen gaya atau torsi adalah:

$$F \times r \quad (2.6)$$

Keterangan:

- F = Gaya (Newton: kg. m/s² meter)
- r = Jari-jari (Centimeter)

2.9 PLC (*Programmable Logic Controller*)

PLC adalah komputer elektronik yang mudah digunakan dan ramah pengguna yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai jenis dan tingkat kesulitan..

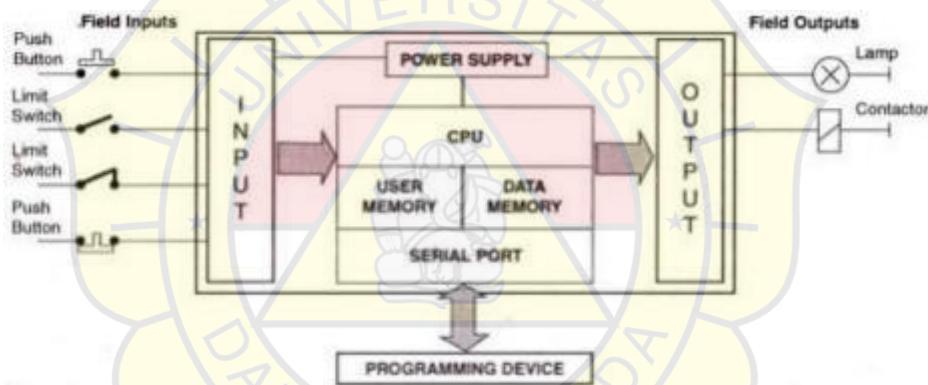


Gambar 2.9 PLC (*Programmable Logic Controller*)

Menurut Capiel (1982), pengontrol logika programable adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan dirancang untuk digunakan dalam

industri. Sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi yang dapat diprogram dan menjalankan fungsi tertentu seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan, dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul I/O digital dan modul I/O analog. (Yuwono Indro Hatmojo, 2015).

PLC adalah peralatan elektronik yang dibuat oleh mikroprosesor untuk memonitor keadaan peralatan input dan kemudian dianalisa sesuai dengan kebutuhan perencana (programmer) untuk mengontrol keadaan output. Sinyal input dimasukkan ke input card..



Gambar 2.10 Bagian-Bagian PLC (Yumono Indro Hatmojo, 2015)

Ada 2 jenis input card, yaitu :

- 1) Analog input card
- 2) Digital input card

Setiap input memiliki alamat unik, jadi mikroprosesor memanggil berdasarkan alamatnya untuk mendeteksinya. Jenis PLC menentukan berapa banyak input yang dapat diprosesnya. Pemakai mengeluarkan sinyal output sesuai dengan

program yang mereka buat berdasarkan analisis keadaan input. Output kartu terdiri dari dua kategori:

- 1) Analog output card
- 2) Digital output card

Mikroprosesor memproses setiap outputcard berdasarkan alamatnya. Jenis PLC memiliki banyak output. Beberapa PLC juga menyediakan internal input dan output untuk proses sesuai dengan kebutuhan program. Dalam kasus lain, internal input dan output ini hanya digunakan sebagai tanda proses. Selain itu, PLC memiliki timer yang dapat dikonfigurasi sesuai dengan programnya, seperti on/off delay, on/off timer, dan sebagainya. PLC memanggil timer berdasarkan alamatnya untuk memprosesnya.

Sebagian besar PLC didukung oleh perangkat lunak, yang merupakan komponen penting dari PLC, sehingga dapat digunakan sebagai kontrol system. Program PLC biasanya terdiri dari dua jenis, yaitu ladder diagram dan instruksi dasar diagram, dan setiap PLC berbeda dalam cara menulis programnya. Menurut Yuwono Indro Hatmojo (2015)