

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Las Listrik

Las busur listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Pada bagian yang terkena busur listrik tersebut akan mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut.

Mesin las busur listrik dapat mengalirkan arus listrik cukup besar tetapi dengan tegangan yang aman (kurang dari 45 volt). Busur listrik yang terjadi akan menimbulkan energi panas yang cukup tinggi sehingga akan mudah mencairkan logam yang terkena. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan dengan memperhatikan ukuran dan type elektrodanya.

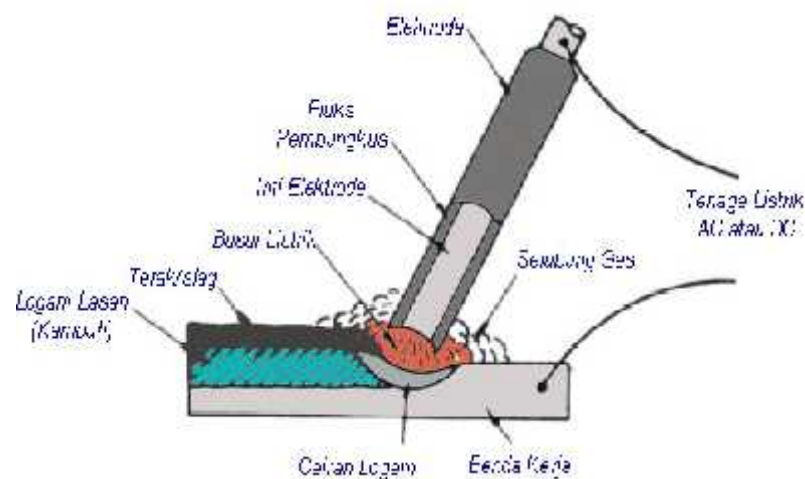
Pada las busur, sambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh busur listrik yang terjadi antara benda kerja dan elektroda. Elektroda atau logam pengisi dipanaskan sampai mencair dan diendapkan pada sambungan sehingga terjadi sambungan las. Mula-mula terjadi kontak antara elektroda dan benda kerja sehingga terjadi aliran arus, kemudian dengan memisahkan penghantar timbullah busur. Energi listrik diubah menjadi energi panas dalam busur dan suhu dapat mencapai 5500 °C. (Wikipedia. 2016)

2.2. Pengertian SMAW

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau Las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus (*fluks*). Fungsi *fluks* pada pengelasan ini adalah membentuk slag diatas hasil lasan yang berfungsi sebagai pelindung hasil lasan dari udara(Oksigen, hidrogen,dsb.) selama proses las berlangsung.

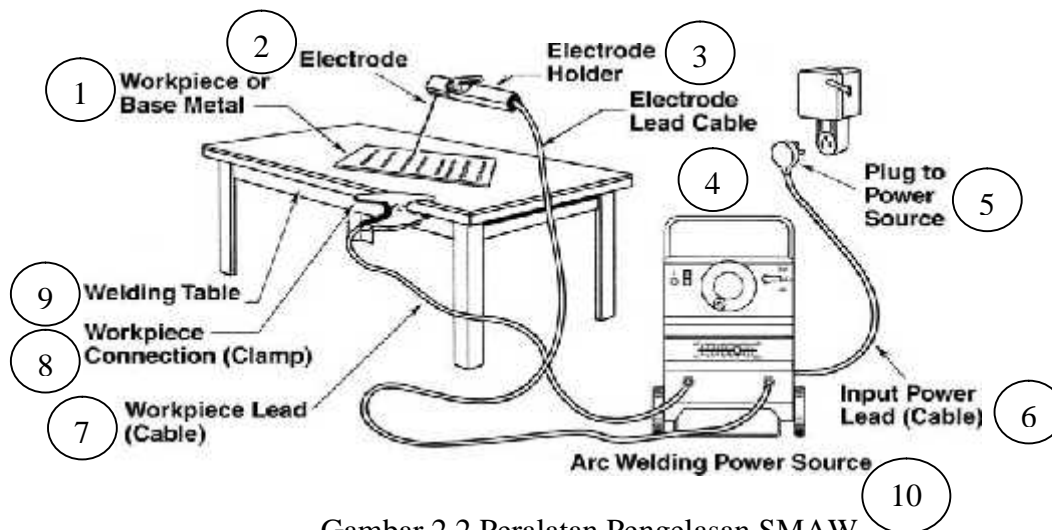
2.3. Prinsip Kerja SMAW

Ketika ujung elektroda didekatkan pada logam induk akan terjadibusur api listrik yang akan menghasilkan panas. Panas inilah yang mencairkan ujungelektroda (kawat las) dan benda kerja secara setempat. Dengan adanya pencairan ini maka kampuh las akan terisi oleh logam cair yang berasal dari elektroda dan logam induk, terbentuklah kawah cair, lalu membeku maka terjadilah logam lasan (*weldment*) dan terak (*slag*).



Gambar 2.1. Proses SMAW (Tiraweld, 2013)

2.4. Instalasi SMAW



Gambar 2.2 Peralatan Pengelasan SMAW
(Purwaka E. A. Ibrahim, 2010)

Peralatan yang digunakan untuk pengelasan SMAW adalah sebagai berikut:

1. Workpiece or Base Metal

Benda kerja yang digunakan untuk melakukan proses pengelasan.

2. Electrode

Elektroda atau kawat las ialah suatu benda yang dipergunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala.

3. Electrode Holder

Perlengkapan ini berfungsi untuk menjepit atau memegang elektroda. Alat ini harus memenuhi syarat diantaranya tidak mudah panas, ringan, dan isolator cukup aman bagi sipemakai

4. Electrode Lead Cabel

Kabel yang menghubungkan mesin las dengan elektroda. Kabel massa menghubungkan pesawat las dengan benda kerja.

5. Plug to Power Source

Sebuah peralatan listrik yang menghubungkan suatu alat untuk pasokan listrik melalui soket dinding atau kabel ekstensi

6. Input Power Lead (kabel listrik)

Kabel yang menghubungkan mesin las dengan socket dinding

7. Workpiece Lead

Kabel yang menghubungkan mesin las dengan clamp. Kabel massa menghubungkan mesin las dengan meja las.

8. Workpiece Connection (Clamp)

Sebuah tang penjepit yang di aliri arus negatif dari mesin las listrik ke meja las

9. Welding Table

Meja las adalah alat yang di gunakan untuk menaruh benda kerja yang akan di las

10. Arc Welding Power Source

Salah satu bagian komponen dari sistem pengelasan yang menyediakan arus listrik untuk melakukan pengelasan.

2.5. Motor Penggerak (Mesin Diesel)

Prinsip kerjanya adalah merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanis. Energi ini didapatkan dari hasil pembakaran bahan bakar (solar) dan oksigen (udara) di dalam silinder (ruang bakar).



Gambar 2.3 Mesin Diesel

Merk	: <i>Hong tong feng</i>
Tipe	: MD 1115 (HS)
Diameter Silinder	: 115 mm
Laju Putaran	: 2200 rpm
Kompresi	: 17
Weight	: 185 kg
Dimension	: 857 X 450 X 699 mm
Daya Mesin	: 24 HP

2.6. Generator DC

Terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Rotor di *couple* dengan motor penggerak (mesin diesel), prinsip kerjanya adalah dengan mengubah energi mekanik dari motor penggerak (mesin diesel) menjadi energi listrik melalui perantara induksi medan magnet. Mula mula arus DC diberikan pada lilitan rotor untuk menghasilkan medan magnet rotor. Pemasukan Arus DC (sebagai arus medan) ke rangkaian medan rotor ini dilakukan oleh penyuplai daya dari sumber DC khusus yang ditempelkan langsung pada batang rotor generator sinkron. Sumber DC ini biasanya dari generator DC yang ditempel

pada rotor generator sinkron. Kemudian Rotor ini diputar oleh *prime mover* atau penggerak mula agar terjadi perpotongan medan magnet yang berubah ubah pada kumparan jangkar di stator. Dengan adanya perpotongan medan magnet yang berubah-ubah ini, maka timbul tegangan induksi pada kumparan jangkar generator dan dihasilkan arus listrik bolak-balik (AC).

2.7. Trafo

Transformator adalah komponen pada mesin las listrik yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak-balik (AC). Transformator terdiri dari tiga komponen pokok yaitu: kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai *input*, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai *output*, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan.



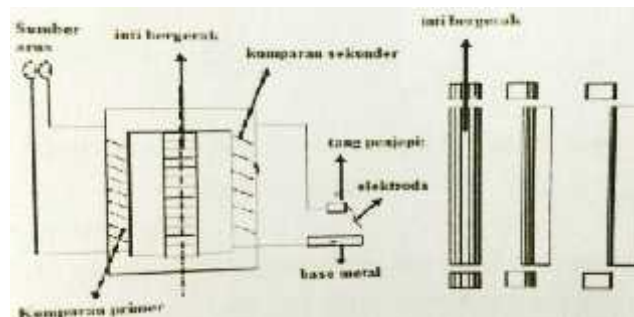
Gambar 2.4 Trafo

Merk	: <i>Ohatsu</i>
Tipe	: KSW 250A
Input Voltage	: 80 V (115/AC)
Kecepatan	: 3000 rpm
Input Current	: 250 A (40A For Welding)
Berat	: 85 kg

Berdasarkan sistem pengatur arus yang digunakan, mesin las listrik dibagi menjadi empat jenis, yaitu:

1. Inti Bergerak

Pada jenis inti bergerak, inti (1) transformator yang digerakkan akan memperbesar kebocoran *fluks* sehingga besar arus akan menurun, sedangkan inti (2) atau (3) yang bergerak akan memperkecil kebocoran *fluks* sehingga akan memperbesar arus yang keluar. Mesin las yang menggunakan transformator inti bergerak ini, arus akan semakin besar apabila kebocoran fluks semakin kecil dengan bergeraknya inti keluar. Sehingga besar kecilnya arus yang dihasilkan dari mesin las dipengaruhi oleh besar kecilnya fluks yang bocor.

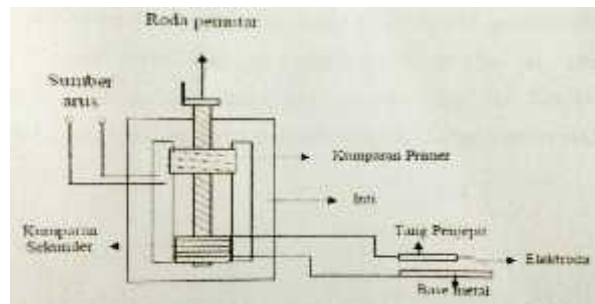


Gambar 2.5 Transformator Jenis Inti Bergerak
(Wiryosumarto, 1981)

2. Kumparan Bergerak

Pada jenis kumparan bergerak, besar kecilnya arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh pergerakan kumparan yang ada, karena sesuai dengan besar kecilnya hambatan yang ada. Jika kumparan digerakkan kedepan maka hambatan (R) akan semakin besar karena luas penampang dari inti akan semakin luas, sehingga akan mempengaruhi

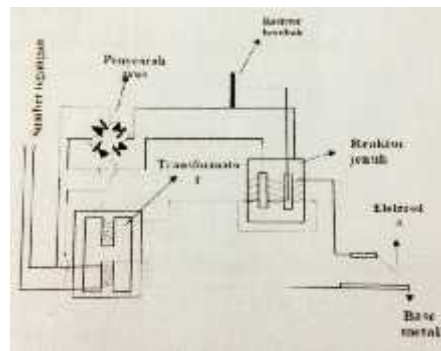
arus yang mengalir seperti pada perbandingan antara tegangan listrik (V) dengan kuat arus per satuan luas.



Gambar 2.6 Transformator Jenis Kumparan Bergerak
(Wiryosumarto, 1981)

3. Reaktor Jenuh

Pada mesin las jenis reaktor jenuh, arus yang dihasilkan dengan cara mengubah arus dari transformator akan diubah menjadi arus searah (DC), kemudian jumlah arus yang dihasilkan dari perubahan reaktansi dari pergeseran resistor.

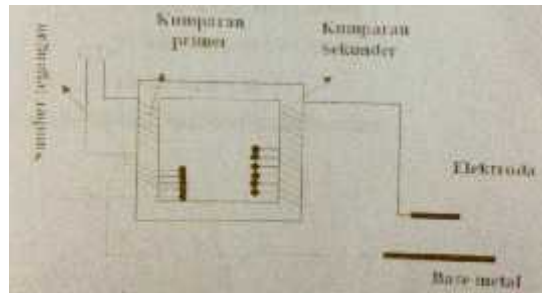


Gambar 2.7 Transformator Jenis Reaktor Jenuh
(Wiryosumarto, 1981)

4. Saklar

Pada mesin las yang menggunakan transformator jenis saklar ini merupakan mesin las yang menggunakan arus bolak balik (AC), jadi jumlah arus yang dihasilkan keluar langsung dari transformator AC atau *step-down*. Sehingga terdapat bermacam jenis arus yang akan

dikeluarkan transformator dan arus yang diinginkan diperoleh dengan menggunakan saklar yang dihubungkan dengan transformator tersebut.



Gambar 2.8 Transformator Jenis Saklar
(Wiryosumarto, 1981)

2.8. Klasifikasi Mesin Las Listrik

Berdasarkan arus yang dikeluarkan pada ujung-ujung elektroda, mesin las listrik dapat dikategorikan menjadi 2 (dua) yaitu:

1. Arus Bolak – Balik (*AC = Alternating Current*)

Mesin las AC biasanya berupa trafo las, Mesin ini memerlukan sumber arus bolak-balik dengan tegangan yang lebih rendah pada gulungan.



Gambar. 2.9 Mesin Las AC (Dyah Ayu Rahmawati, 2013)

Pengelasan Las AC (*Alternating current*) atau Las Arus bolak balik tidak ada kutup positif dan negatif (keduanya sama), oleh sebab itu maka penyambungannya dibolak balik hasilnya tetap sama. Masing

masing kutub akan menerima panas 50 % dan akibatnya terjadi penetrasi normal

Adapun keuntungan – keuntungan dari penggunaan mesin las jenis arus bolak – balik (AC), antara lain:

- a. Busur nyala kecil, sehingga memperkecil kemungkinan timbulnya keropos pada rigi-rigi las
- b. Perlengkapan dan perawatan lebih murah
- c. Kabel massa dan kabel elektroda dapat ditukar (tetapi tidak mempengaruhi hasil las)

2. Arus Searah (DC = *Dirrect Current*)

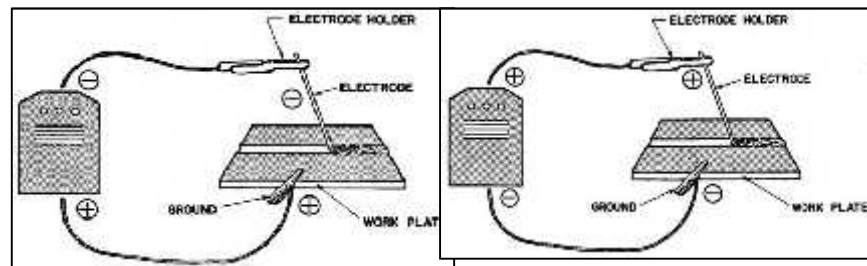
Mesin las DC selain trafo yang dilengkapi dengan rectifier atau diode (perubah arus bolak balik menjadi arus searah) biasanya menggunakan motor penggerak seperti mesin diesel.



Gambar 2.10 Mesin Las DC (Dyah Ayu Rahmawati, 2013)

Pengelasan DC mempunyai dua sistem pengkutuban, yaitu pengkutuban langsung (DC-) dan pengkutuban terbalik (DC+). Pada pengkutuban langsung, kabel elektroda dipasang pada terminal negatif dan kabel massa pada terminal positif. Pengelasan dengan cara ini akan

menghasilkan penetrasi yang dalam dari lasan dikarenakan elektron bergerak dari elektroda dan menumbuk logam induk dengan kecepatan tinggi sehingga $\frac{2}{3}$ panas yang dihasilkan dilepaskan pada benda kerja dan $\frac{1}{3}$ lagi di lepaskan pada elektroda.



Gambar 2.11 Pengkutuban Langsung (Kiri) dan Terbalik (Kanan)

Pada pengkutuban terbalik, kabel elektroda dipasang pada terminal positif dan kabel massa dipasang pada terminal negatif. Arus bergerak dari elektroda ke benda kerja dimana $\frac{2}{3}$ dari panas seluruhnya dilepaskan pada elektroda dan $\frac{1}{3}$ dilepaskan pada logam induk. Cara ini akan menghasilkan pencairan elektroda lebih banyak, sehingga hasil las mempunyai penetrasi dangkal, serta baik digunakan pada pengelasan pelat tipis dengan manik las yang lebar.

Adapun keuntungan – keuntungan dari penggunaan mesin las jenis arus searah (DC), antara lain:

- a. Busur nyala stabil
- b. Polaritas dapat diatur
- c. Dapat menggunakan elektroda bersalut dan tidak bersalut

2.9. Pemilihan Elektroda

Dari dua jenis elektroda tersebut, maka pemilihannya haruslah tepat dengan memperhatikan beberapa hal, yaitu:

- a. Jenis logam yang akan dilas
- b. Tebal bahan yang akan dilas
- c. Kekuatan mekanis yang diharapkan dari hasil pengelasan
- d. Posisi pengelasan
- e. Bentuk kampuh benda kerja

Penggunaan elektroda pada las listrik menurut klasifikasi AWS (American Welding Society) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut :

- a. E : Menyatakan elektroda busur listrik
- b. XX (dua angka) : Sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/in² lihat table.
- c. X (angka ketiga) : Menyatakan posisi pengelasan.
- d. Angka 1 untuk pengelasan segala posisi. angka 2 untuk pengelasan posisi datar di bawah tangan
- e. X (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Namun dalam lima hal pada pemilihan elektroda adapun indikator yang harus dilihat pada setiap elektroda untuk mencapai pengelasan yang maksimal.

Tabel 2.1. Diameter dan Arus Pada Elektroda

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Amper)
2,5	60-90
2,6	60-90
3,2	80-130
4,0	150-190
5,0	180-250

Sumber : Howard BC (1998)

2.10. Cacat Pada Pengelasan

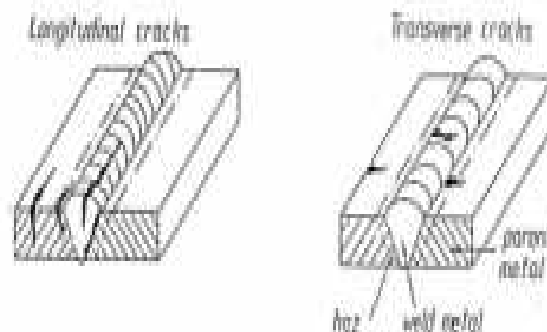
Jenis-jenis cacat pada pengelasan adalah :

1. Retak Las

Retak las yang dapat dibagi menjadi dua kategori yakni : retak dingin dan retak panas. Retak dingin adalah retak yang terjadi pada daerah las pada suhu kurang lebih 300°C . Sedangkan retak panas adalah retak yang terjadi pada suhu diatas 500°C .

Keretakkan las yang lain adalah retak sepanjang rigi-rigi lasan retak disamping las dan retak memanjang diluar rigi-rigi lasan. Akan tetapi penyebab umum pada semua jenis keretakan las ini adalah:

- a. Pilihan jenis elektroda yang salah atau tidak tepat.
- b. Benda kerja terbuat dari baja karbon tinggi.
- c. Pendinginan setelah pengelasan yang terlalu cepat.
- d. Benda kerja yang dilas terlalu kaku.
- e. Penyebaran panas pada bagian-bagian yang di las tidak seimbang.

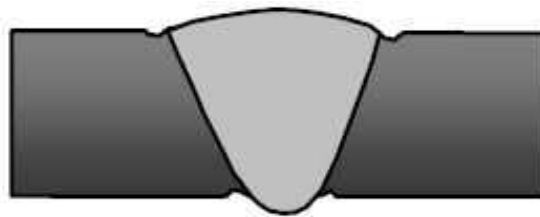


Gambar 2.12 Retak Las / *Clutch* (Hima, 2014)

2. *Under Cut*/Pengerukan

Cacat las yang lain adalah pengerukan atau yang sering disebut dengan *under cut* pada benda kerja. Pengerukan ini terjadi pada benda kerja atau konstruksi yang termakan oleh las sehingga benda kerja tadi berkurang kekuatan konstruksi meskipun sebelumnya telah dilakukan pengelasan. Sebab-sebab pengerukan las antara lain :

- a. Arus yang terlalu tinggi.
- b. Kecepatan pengelasan yang terlalu tinggi pula.
- c. Busur nyala yang terlalu panjang.
- d. Ukuran elektroda yang salah.
- e. Posisi elektroda selama pengelasan tidak tepat.
- f. Ayunan elektroda selama pengelasan tidak teratur.

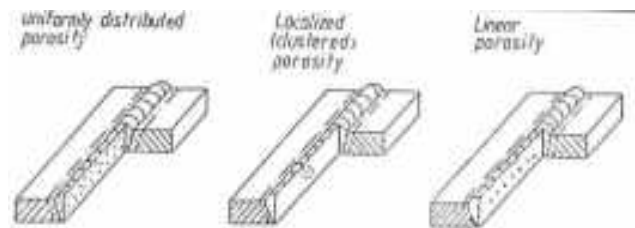


Gambar 2.13 *Under cut*/Pengerukan
(Hima, 2014)

3. Keropos/Porositas

Keropos merupakan cacat las yang juga sering terjadi dalam pengelasan. Keropos ini bila didiamkan, lama kelamaan akan menebar yang diikuti dengan perkaratan atau korosi pada konstruksi sehingga konstruksi menjadi rapuh karena korosi tadi. Cacat ini memang kelihatannya sepele akan tetapi dampak yang ditimbulkan oleh cacat ini cukup membahayakan juga. Penyebab keropos ini yakni :

- a. Busur pendek.
- b. Kecepatan mengelas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah.
- c. Kurang waktu pengisian.
- d. Terdapat kotoran-kotoran pada benda kerja.
- e. Kesalahan memilih jenis elektroda.



Gambar 2.14 Keropos/Porositas (Hima, 2014)

4. *Slag Inclusion*

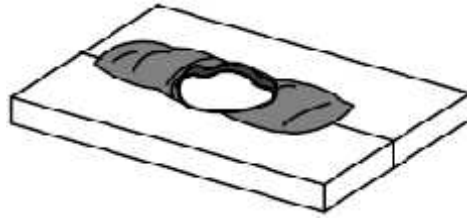
Slag inclusion merupakan oksida dan benda non logam lainnya yang terjebak pada logam las. *Slag inclusion* bisa disebabkan oleh kontaminasi dari udara luar atau *slag* yang kurang bersih ketika mengelas dengan banyak lapisan (*multi pass*).



Gambar 2.15. Slag Inclusion (Hima, 2014)

5. Benda Kerja yang Berlubang

Lubang pada benda kerja terjadi ketika logam las mencair hingga memakan benda kerja sampai tidak ada sisa lagi.



Gambar 2.16. Benda Kerja yang Berlubang (Hima, 2014)

2.11. Teori Pehitungan

2.11.1. Perhitungan Daya

1. Perhitungan Daya Pengelasan

Daya pengelasan dapat di hitung mnegunakan rumus
(teknikelektronika, 2015)

$$N = I \times V \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

N = Daya Pengelasan (kW)

I = Kuat Arus (Amp)

V = Tegangan (Volt)

2. Perhitungan Daya Motor Penggerak

Daya Motor Penggerak dapat di hitung menggunakan rumus
(Khurmi RS, 2005 : 667)

$$N_d = \frac{N}{\eta_{trans}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

N_d = Daya Penggerak (kW)

N = Daya Pengelasan (kW)

η_{trans} = Efisiensi Transmisi (%) secara empiris dinyatakan sebagai

berikut:

- a. Untuk hubungan belt, $\eta_{trans} = 80$ s.d. 90%
- b. Untuk hubungan gear box, $\eta_{trans} = 90$ s.d. 98%
- c. Untuk hubungan coupling, $\eta_{trans} = 98\%$

2.11.2. Perhitungan Rangka Batang (Tegangan Lengkung)

Rangka Batang Dapat Di hitung dengan rumus (E. P. Popov, 1995)

$$F = R_A + R_B \text{ dan } \tau_b = M_b/W_b \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

F = Gaya (kg)

R_A = Resultan Gaya A (kg)

R_B = Resultan Gaya B (kg)

M_b = Momen Bengkok (kgmm)

W_b = Tahanan Bengkok (mm³)

b = Tegangan Bengkok (kg/mm²)

2.11.3. Perhitungan Belt

1. Daya Rencana

Menghitung daya rencana dapat menggunakan rumus (Ibid, hal 651)

$$P_d = I \times V \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

I = Kuat arus (A)

P_d = Daya Rencana (PK)

V = Tegangan (V)

2. Menghitung Jarak antar poros pulley yang direncanakan

a. Menghitung Panjang Keliling (Khurmi RS, 2005, hal 667)

Menghitung panjang keliling dapat menggunakan rumus
(Khurmi RS, 2005 : 667)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} d_1 + d_2 + \frac{1}{4C} (d_1 - d_2)^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

L = Panjang Keliling Pulley (mm)

C = Jarak sumbu poros (mm)

d_1 = Diameter pulley mesin diesel (mm)

d_2 = Diameter pulley generator (mm)

b. Jarak antar sumbu poros pulley

Jarak sumbu poros pulley dapat di hitung menggunakan rumus

(Sularso, 2002 : 170)

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_1 - d_2)^2}}{8} \dots\dots\dots(2.6)$$

Maka:

$$b = 2L - \pi(d_1 + d_2) \dots\dots\dots(2.7)$$

c. Menghitung Kecepatan Linier

kecepatan linier dapat di hitung menggunakan rumus

(Khurmi, RS, 2005, hal 667)

$$v = \frac{\pi d_p n_1}{60} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

v = Kecepatan Puli (m/s)

d_p = Diameter Puli Kecil (mm)

n_1 = Putaran Puli Kecil (mm)

d. Menghitung sudut singgung ()

Sudut singgung dapat di hitung menggunakan rumus (Ibid, hal 666)

$$\sin \alpha = \frac{D_1 - d_2}{2C} \dots\dots\dots(2.9)$$

e. Sudut Kontak

menghitung sudut kontak dapat menggunakan rumus (Ibid, hal 651)

$$\theta = \frac{(180^\circ - 2\alpha)\pi}{180} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

= Sudut Kontak (radian)

= Alpha (derajat)

3. Menghitung Momen

Direncanakan pulley terbuat dari besi cor dan sabuk karet sehingga koefisien geseknya (μ) = 0.3 (Ibid, hal 651)

$$C = \frac{1 - e^{-\mu\theta}}{75} \dots\dots\dots (2.8)$$

Menghitung tegangan (T_1 dan T_2) dari daya yang direncanakan (P_d) (Ibid, hal 670)

$$T_1 = \left(\frac{P_d}{v \times C} \right) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$T_2 = \left(\frac{T_1}{e^{\mu\theta}} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

4. Menghitung jumlah sabuk (N)

Menghitung jumlah ssabuk dapat menggunakan rumus (Ibid, hal 684)

$$P_S = \frac{T_1 - T_2}{75} \dots\dots\dots (2.11)$$

Sehingga,

$$N = \frac{P_d}{P_S} \dots\dots\dots (2.12)$$