

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Energi Surya**

Energi Surya merupakan sumber energi yang tidak terbatas dan tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Panel Surya sebagai sumber energi listrik alternatif dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang memerlukan energi listrik, namun terkendala dengan ketidaktersediaannya energi listrik dari PLN seperti para pedagang kaki lima, masyarakat yang tinggal di wilayah terpencil maupun daerah yang belum teraliri listrik dari PLN. Sumber energi listrik lain yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat sumber energi listrik selain dari PLN adalah generator atau lebih sering disebut dengan Genset. Efisiensi penggunaan dari masing masing sumber energi listrik alternatif perlu diketahui agar dalam penggunaannya didapatkan hasil yang maksimal (Purwoto, 2018)

#### **2.2 Pengertian Sel Surya**

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaiic, oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltaiic (*Photovoltaic cell* – disingkat PV)). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Jika 36 keping sel surya

tersusun seri, akan menghasilkan tegangan sekitar 16V. Tegangan ini cukup untuk digunakan mensuplai aki 12V. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih besar lagi maka diperlukan lebih banyak lagi sel surya. Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut Panel Surya atau modul surya. Susunan sekitar 10 - 20 atau lebih Panel Surya akan dapat menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari-hari dengan pemusatan energi surya. *Photovoltaic* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin yang dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik dengan menggerakkan mesin kalor. (Purwoto, 2018)

### **2.2.1 Panel Surya**

Panel surya atau biasa disebut solar panel adalah sebuah alat yang tersusun dari material semi konduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. Panel surya pada dasarnya terdiri atas sambungan p-n yang sama fungsinya dengan sebuah diode. Ketika sinar matahari mengenai permukaan sel surya, energi yang dibawa oleh sinar matahari ini akan diserap oleh elektron pada sambungan p-n untuk berpindah dari bagian diode p ke n dan untuk selanjutnya mengalir ke luar melalui kabel yang terpasang ke panel (PT. Global Dimensi Mandiri ([www.gdmenergy.com](http://www.gdmenergy.com)), 2017).

### **2.2.2 Jenis panel surya adalah**

#### **1. Monokristal (*Mono-crystalline*)**

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi.

Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

## 2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah

## 3. *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristalsilicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara. (Purwoto, 2018)

### **2.3 Potensi Energi Surya**

Memasuki abad ke-21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis ketersediaannya. Namun energi listrik yang dibutuhkan semakin banyak dan meningkat seiring berjalannya waktu. Pada negara negara industri diperkirakan kebutuhan listrik akan meningkat sampai diangka 70% pada tahun 2000-2030. Di tahun 2015, energi listrik yang dibutuhkan mencapai 19,5-20 triliyun kWh. Namun sumber energi primer pada saat itu hanya mampu mencapai 12,4 Triliyun kWh saja, hal ini sangat berdampak negative mengingat bahwa minyak dan gas bumi yang tersedia semakin menipis. Maka dari itu pemanfaatan energi surya memiliki potensi besar akan berkembang di Indonesia. (Daryanto, 1993)

### **2.4 Definisi Pembersih Panel Surya**

Karena semakin banyaknya panel surya yang terpasang, maka pembersihan solar panel menjadi masalah baru bagi para pemilik panel surya. Panel surya perlu dibersihkan untuk memaksimalkan kinerja daripada panel surya tersebut, karena kemampuan listrik yang dihasilkan bergantung pada jumlah cahaya yang melewati semi konduktor (A. Sayyah, M. N. Horenstein, and M. K. Mazumder).

Ada beberapa jenis proses pembersihan yang banyak digunakan dalam pembersihan panel surya. Pembersih panel surya otomatis merupakan solusi yang diinginkan untuk berinvestasi karena terkadang pekerjaan yang dilakukan oleh manusia tidak aman untuk panel surya. Pada penelitian kali ini, penulis akan mengembangkan robot pembersih panel surya yang berfokus dengan desain penggerak menggunakan (Daryanto, 1993)

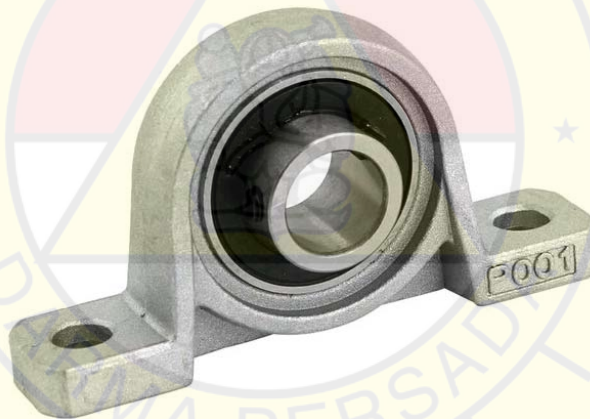
## 2.5 Pengertian Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang didalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde *Gbyte*, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde *byte/Kbyte*. Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi. Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai *embedded system* atau *dedicated system*. *Embedded system* adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan *dedicated system* adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi

tertentu. Sebagai contoh, printer adalah suatu *embedded system* karena didalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pengendali dan juga *dedicated system* karena fungsi pengendali tersebut berfungsi hanya untuk menerima data dan mencetaknya. Hal ini berbeda dengan suatu PC yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, sehingga mikroprosesor pada PC sering disebut sebagai *general purpose microprocessor* (mikroprosesor serba guna). Pada PC berbagai macam software yang disimpan pada media penyimpanan dapat dijalankan, tidak seperti mikrokontroler hanya terdapat satu software aplikasi. (Sayyah et al., 2013)

## **2.6 Komponen komponen alat pembersih panel surya.**

### **2.6.1 *Pillow Block***



Gambar 2.1 *Pillow Block*

Pillow block adalah suatu komponen yang berfungsi untuk menjadi tempat dudukan bearing untuk memberikan support pada poros yang berputar. Pillow block umumnya digunakan pada lingkungan yang relatif bersih dan beban yang lebih kecil. Fungsi lain dari rumah bearing adalah untuk melindungi bearing dari debu serta kontaminasi lainnya, sehingga bearing bisa lebih berputar dengan baik



### 2.6.2 Poros (*Shaft*)



Gambar 2.2 Poros (*shaft*).

Poros pada umumnya berfungsi untuk memindahkan daya dan putaran. Bentuk dari poros adalah silinder baik pejal maupun berongga. Namun ukuran diameternya tidak selalu sama. Biasanya dalam permesinan, poros dibuat bertangga/step agar bantalan, roda gigi maupun *pulley* mempunyai dudukan dan penahan agar dapat diperoleh ketelitian mekanisme. (Stolk dan Kross, 1993) Menurut pembebanannya, poros dibedakan atas tiga jenis, yaitu :

1. Poros Transmisi

Poros ini berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran. Hal ini menyebabkan poros mendapatkan momen bending/beban lentur dan momen torsion/beban puntir. Daya yang ditransmisikan kepada poros melalui kopling, roda gigi, pulley maupun dengan sprocket

2. Spindel

Spindel berfungsi sebagai poros transmisi. Namun, beban yang diterima poros ini hanya beban puntir. Contoh dari poros ini adalah spindel pada mesin perkakas, dimana ukurannya relatif pendek. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil, bentuk serta ukurannya harus teliti.

3. Gandar

4. Poros ini berfungsi menyangga suatu mekanisme. Beban yang diterima poros ini adalah beban lentur, tidak terjadi putaran pada poros (Sularso dan Suga, 2004)

Poros ini biasanya dipergunakan untuk setiap mesin dan peralatan mesin, poros diberi beban dengan beban yang berubah yaitu kombinasi dari lenturan dan puntiran disertai dengan berbagai tingkatan konsentrasi tegangan. Pemindahan tenaga dan pergerakan mesin dapat dibagi dua :

1. Pergerakan Langsung
2. Dalam hal ini poros motor bergerak (motor listrik, mesin uap dan motor bakar) dihubungkan langsung dengan poros perkakas atau mesin yang hendak digerakkan dengan kopling- kopling.
3. Pergerakan Tidak Langsung
4. Dalam hal ini poros motor penggerak tidak langsung berhubungan dengan perkakas atau mesin yang digerakkan, melainkan dengan menggunakan pulley dalam mentransmisikan tenaga. (Nababan, 2005).

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama – sama dengan putaran utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros. Dalam aplikasinya perlu diperhatikan beberapa hal dalam merencanakan sebuah poros diantaranya adalah :

1. Kekuatan Poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau lentur gabungan antara puntir dan lentur. Juga ada poros yang mendapat beban tarik atau tekan seperti poros baling-baling kapal atau turbin

2. Kekakuan Poros



Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup tinggi tetapi jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan, atau menimbulkan getaran dan suara.

### 3. Putaran Kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut dengan putaran kritis

### 4. Korosi

Bahan-bahan tahan korosi harus dipilih untuk propeler dan pompa bila terjadi kontak dengan media yang korosif. Demikian pula untuk poros yang terancam kavitasi dan poros mesin yang sering berhenti lama

### 5. Bahan Poros

Poros untuk mesin umum biasanya dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan difinis, baja karbon konstruksi mesin (disebut bahan S-C) yang dihasilkan dari ingot yang di-kill (baja yang di deoksidasikan dengan ferrosilikon dan dicor; kadar karbon terjamin) (JIS G3123). Meskipun demikian, bahan ini kelurusannya agak kurang tetap dan dapat mengalami deformasi karena tegangannya kurang seimbang misalnya :

bila diberi alur pasak, karena ada tegangan sisa didalam terasnya Tetapi pinarikan dingin membuat permukaan poros menjadi keras dan kekuatannya bertambah besar. Harga-harga yang terdapat di dalam tabel diperoleh dari batang percobaan dengan diameter 25mm, dalam hal ini harus diingat bahwa

untuk poros yang diameternya jauh lebih besar dari 25mm, harga-harga tersebut akan lebih rendah dari apa yang ada didalam tabel karena adanya pengaruh masa. Poros-poros yang dipakai untuk meneruskan putaran tinggi dan beban berat umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan kulit yang sangat tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molibden, baja khrom, baja khrom molibden,dll. (G4102,G4103,G4104,G4105). Sekalipun demikian pemakaian baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasan nya hanya karena putaran inggi dan beban berat. Dalam hal demikian perlu dipertimbangkan penggunaan baja karbon yang diberi perlakuan panas secara tepat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan. Baja tempa(G3201), ditempa dari ingot.

Table 2.1 Baja Karbon Untuk Konstruksi Mesin Dan Baja Batang Yang Difinis Dingin Untuk Poros (Sularso, 2004).

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan panas		Kekuatan tarik ( $kg/mm^2$ )	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan		48	
	S35C	Penormalan		52	
	S40C	Penormalan		55	
	S45C	Penormalan		58	
	S50C	Penormalan		62	
	S55C	Penormalan		66	
Batang baja yang difinis dingin	S35C-D	—		53	Ditarik dingi, di grinda, di bubut, atau gabungan antara hal-hal tersebut
	S45C-D	—		60	
	S55C-D	—		72	

Secara umum, baja dibagi menjadi baja lunak, baja leat, baja agak keras, dan baja karbon tinggi. (keras) Dari berbagai jenis baja, baja leat dan baja cukup keras sering digunakan untuk poros. Kandungan karbon ditunjukkan pada tabel. Baja ringan di pasaran umumnya sedikit kurang homogen di bagian tengah dan tidak dapat dianjurkan sebagai poros penting. Baja umumnya sangat keras dalam bentuk baja yang di-kill. Dengan perlakuan panas yang tepat, baja jenis ini dapat digunakan untuk menghasilkan bahan poros yang sangat baik.

### 2.6.3 Pulley

*Pulley* merupakan salah satu komponen mesin yang berfungsi mentransmisikan daya sekaligus mengatur perbandingan putaran antara poros satu ke poros yang lain. *Pulley* pada umumnya dibuat dari besi cor kelabu FC20 atau FC30, ada pula yang terbuat dari baja pres, dan aluminium. Untuk transmisi daya, *pulely* dihubungkan oleh sabuk. Adapun keuntungan dari sistem ini adalah bidang kontak sabuk dengan *pulley* luas, dan tidak menimbulkan suara yang bising. (Sularso, 1997).

Berdasarkan diameter *pulley* yang digerakkan maka dapat dinyatakan Persamaan sebagai berikut

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

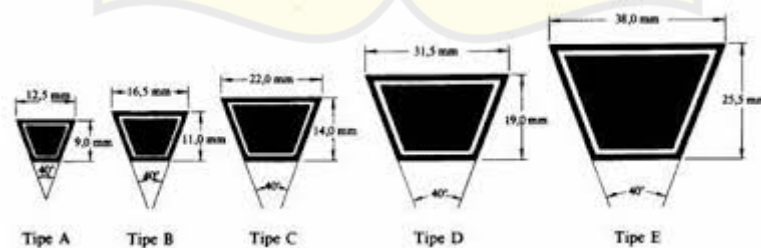
Dimana  $d_2$  adalah diameter *pulley* yang digerakkan (mm),  $d_1$  diameter puli penggerak (mm),  $N_2$  putaran *pulley* yang digerakkan (rpm), dan  $N_1$  putaran puli penggerak (rpm). (*Pulley Sabuk Dibuat Dari Dari Besi Cor Atau Dari Baja. Pulley Kayu Tidak Banyak Lagi*, n.d.)

#### 2.6.4 Sabuk V

Sabuk adalah suatu elemen mesin fleksibel yang dapat digunakan dengan mudah untuk mentransmisikan torsi dan gerakan berputar dari suatu komponen satu ke beberapa komponen lain. *Belt* digunakan untuk memindahkan daya antara dua poros yang sejajar. Poros - poros terpisah pada suatu jarak minimum tertentu yang tergantung pada jenis pemakaian *belt* / sabuk agar bekerja secara efisien.

Sabuk V Penggerak berbentuk sabuk bekerja atas dasar gesekan tenaga yang disalurkan dari mesin penggerak dengan cara persinggungan sabuk yang menghubungkan antar *pulley* penggerak dengan *pulley* yang akan digerakkan. Sebaliknya sabuk mempunyai sifat lekat tetapi tidak lengket pada *pulley* dan salah satu *pulley* itu harus dapat diatur (Pratomo dan Irwanto, 1983).

Sabuk-V akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah serta jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tak bersuara. Sabuk-V selain juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan transmisi-transmisi yang lain, sabuk-V juga memiliki kelemahan dimana sabuk-V dapat memungkinkan untuk terjadinya slip. Adapun tampilan V-belt nya dapat dilihat pada gambar ( gambar 2.3 ) di bawah ini



Gambar 2.3 V-Belt (Sularso 1991).

Untuk mengetahui panjang sabuk yang melingkar pada *pulley*, dapat menghitungnya dengan perhitungan berikut :

$$L_1 = \pi (r_1+r_2) + 2 \cdot x + \frac{(r_1^2+r_2^2)}{x} \dots\dots\dots(2.7)$$

Berdasarkan kecepatan linier sabuk dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

V : kecepatan linier (m/s)

d : diameter *pulley* yang digerakkan (m)

N : putaran *puley* yang digerakkan (rpm)

### 2.6.5 *Bearing*

*Bearing* adalah tempat poros bertumpu. Bantalan ini dapat dipasang didalam mesin, dimana poros bertumpu pada bagian yang terpisah. Bantalan dipasang pada bagian mesin yang dinamakan blok bantalan. Dalam bantalan biasanya terjadi gaya reaksi. Apabila gaya reaksi ini jauh lebih banyak mengarah tegak pada garis sumbu poros, bantalan dinamakan bantalan radial, kalau gaya reaksi itu jauh lebih banyak mengarah sepanjang garis sumbu, namanya adalah bantalan aksial (Daryanto, 1993)

1. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros
  - a. Bantalan luncur pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas

- b. Bantalan gelinding pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol, dan rol bulat
2. Berdasarkan arah beban terhadap poros
    - a. Bantalan radial Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu.
    - b. Bantalan aksial Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.
    - c. Bantalan gelinding khusus Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros. Meskipun bantalan gelinding menguntungkan, Banyak konsumen memilih bantalan luncur dalam hal tertentu, contohnya bila kebisingan bantalan mengganggu, pada kejutan yang kuat dalam putaran bebas
  3. Perbandingan antara bantalan luncur dan bantalan gelinding Menurut perbandingan antara bantalan luncur dan bantalan gelinding yaitu :
    - a. Bantalan Luncur

Mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan besar. Konstruksinya sederhana dan dapat dibuat serta dipasang dengan mudah bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar bantalan ini dapat meredam tumbukan dan getaran sehingga hampir tidak bersuara dikarenakan adanya lapisan pelumas. Pelumasan bantalan ini tidak begitu sederhana.
    - b. Bantalan gelinding

Lebih cocok untuk beban kecil dari pada bantalan luncur. Bantalan gelinding hanya dapat dibuat oleh pabrik – pabrik tertentu saja dikarenakan konstruksinya sukar dan ketelitiannya yang tinggi.

Harganya lebih mahal dibandingkan dengan bantalan luncur keunggulan bantalan ini adalah pada gesekannya yang sangat rendah. Pelumasannya sangat sederhana, cukup dengan gemuk.

## 2.7 Torsi

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 (disebut juga momen gaya) adalah gaya eksternal yang menyebabkan benda bergerak melingkar mengelilingi sumbu putarnya. Torsi memiliki nilai positif jika benda berputar searah dengan putaran jam (*clockwise*). Sedangkan jika benda berputar dengan arah berlawanan jam (*counter clockwise*), maka momen gaya atau torsi bernilai negatif formulasi untuk menghitung torsi atau momen gaya adalah :

$$T = F \times r \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

F : gaya            r : jari-jari

## 2.8 Daya

Daya merupakan Laju Energi yang dihantarkan selama melakukan usaha dalam periode waktu tertentu. Satuan SI (Satuan Internasional) untuk Daya yaitu Joule / Sekon (J/s) = Watt (W). Satuan Watt dipakai untuk penghormatan kepada seorang ilmuwan penemu mesin uap yang bernama James Watt. Satuan daya lainnya yang sering dipakai yaitu Daya Kuda atau *Horse Power* (HP), 1 HP = 746 Watt.



Daya adalah Besaran Skalar, karena Daya hanya mempunyai nilai, tidak memiliki arah. Untuk menghitung daya menggunakan rumus

$$P = \frac{T \times n}{5250} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

P = Daya dalam satuan HP (*Horse Power*)

T = Torsi (Nm)

N = Jumlah putaran permenit (RPM)

5250 = Nilai ketetapan konstanta untuk daya motor dalam satuan HP

## 2.9 Proses Penyambungan Pada Konstruksi Rangka

Penyambungan adalah proses penyambungan bagian-bagian dari struktur mesin menjadi satu. Ada beberapa jenis prinsip penyambungan :

### 1. Secara Mekanis

Merupakan penyambungan dengan menggunakan gaya mekanik terutama gaya tarik, gaya tekan dan gaya geser. Sambungan yang menggunakan tarik dan tekan yaitu baut dan mur, keling dan lipatan.

### 2. Penyambungan Menggunakan Baut

Penyambungan menggunakan baut biasanya dilakukan pada dua atau lebih bagian dengan tujuan agar mudah dibongkar pasang.

### 3. Pengelingan

Merupakan proses penyambungan menggunakan paku keling yang ditanam pada dua bagian yang disambung. Pengelingan biasanya dilakukan pada pflat dan sejenisnya.

### 4. Pengelasan

Pengertian pengelasan adalah salah satu cara menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. ujung atau dua bidang logam merupakan bidang masa yang kuat tidak mudah dipisahkan Jenis pengelasan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu pengelasan lebur dan padat. Adapun macamnya yaitu Pengelasan Busur (*Arc Welding, AW*), Pengelasan Resistansi Listrik (*Resintance Welding, RW*), Pengelasan Gas (*Oxyfuel Gas Welding, OGW*), dan macam pengelasan padat yaitu Pengelasan Difusi (*Diffusion Welding, DFW*), Pengelasan Gesek, (*Friction welding, FW*), Pengelasan Ultrasonik (*Ultrasonic Welding, UW*).