

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Poros

Poros adalah merupakan salah satu perlengkapan alat yang digunakan untuk meneruskan daya, alat ini berputar searah dengan arah jarum jam dimana poros yang digunakan untuk perencanaan ini memiliki diameter yang sama. Dimana fungsinya untuk meneruskan putaran dengan menarik suatu beban. Dari segi fisiknya poros terbuat dari bahan besi baja bulat yang diputar dan ditarik.

Pengertian umum yang dimaksud sebagai poros adalah batang logam berpenampang lingkaran yang berfungsi untuk memindahkan putaran atau mendukung sesuatu beban dengan atau tanpa meneruskan daya. Poros ditahan oleh dua atau lebih bantalan poros atau pemegang poros, dan bagian berputar yang mendukung poros: roda daya (*Fly Wheel*), roda gigi, roda ban, roda gesek, dan lain-lain. Poros juga memiliki 3 Fungsi Poros yaitu: poros pendukung, poros transmisi, poros gabungan pendukung dan transmisi. Fungsi poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakara tali, puli sabuk mesin, piringan kabel, tromol kabel, roda jalan dan roda gigi, dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar. Contohnya sebuah poros dukung yang berputar, yaitu poros roda keran pemutar gerobak.

Macam - Macam Poros Berdasarkan Pembebanannya:

a. Poros Transmisi (*Transmission Shafts*)

Poros transmisi lebih dikenal dengan sebutan *shaft*. *Shaft* akan mengalami beban puntir berulang, beban lentur berganti ataupun kedua-duanya. Pada *shaft*, daya dapat ditransmisikan melalui *gear*, *belt pulley*, *sprocket* rantai, dan lain-lain.

b. Gandar

Gandar merupakan poros yang tidak mendapatkan beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Seperti yang dipasang diantara roda-roda kereta barang.

c. *Spindle*

Poros *spindle* merupakan poros transmisi yang relatif pendek, misalnya pada poros utama mesin perkakas dimana beban utamanya berupa beban puntiran. Selain beban puntiran, poros spindle juga menerima beban lentur (*axial load*). Poros spindle dapat digunakan secara efektif apabila deformasi yang terjadi pada poros tersebut kecil.

2.1.1 Hal – hal Penting Dalam Perencanaan Poros

Untuk merencanakan sebuah poros, hal - hal berikut ini perlu diperhatikan:

a. Kekuatan Poros

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

Kelelahan, tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil (poros bertangga) atau bila poros mempunyai alur pasak, harus diperhatikan.

Sebuah poros harus direncanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban - beban diatas.

b. Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup tetapi jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidak - telitian (pada mesin perkakas) atau getaran dan suara (misalnya pada turbin dan kotak roda gigi).

Karena itu, disamping kekuatan poros, kekakuannya juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan macam mesin yang akan dilayani poros tersebut.

c. Putaran Kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu hatga putaran tertentu dapat menjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor torak, motor listrik, dll, dan dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian - bagian lainnya. Jika mungkin, poros harus direncanakan sedemikian rupa hingga putaran kerjanya lebih rendah dari putaran kritisnya.

d. Korosi

Bahan - bahan tahan korosi (termasuk plastik) harus dipilih untuk poros propeler dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida yang korosif. Demikian pula untuk poros-poros yang terancam kavitasi, dan poros-poros mesin yang sering berhenti lama. Sampai batas - batas tertentu dapat pula dilakukan perlindungan terhadap korosi.

e. Bahan Poros

Poros untuk mesin umum biasanya dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan definis, baja karbon konstruksi mesin yang dihasilkan dari ingot yang di-“kill”. Meskipun demikian, bahan ini kelurusannya agak kurang tetap dan dapat mengalami deformasi karena tegangan sisa didalam terasnya. Tetapi penarikan dingin membuat permukaan poros menjadi keras dan kekuatannya bertambah besar. Harga - harga yang terdapat didalam tabel diperoleh dari batang percobaan dengan diameter 25 mm. Dalam hal ini harus diingat bahwa untuk poros yang diameternya jauh lebih besar dari 25 mm, harga tersebut akan lebih rendah dari pada yang ada di dalam 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 di antaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molibden, baja khrom, baja khrom molibden, dan lain-lain. (G4102, G4103, G4104, G4105 dalam Tabel 1.2). Sekalipun demikian pemakaian baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan beban berat. Dalam hal demikian perlu dipertimbangkan penggunaan baja karbon yang diberi perlakuan panas secara tepat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan (dalam Tabel 1.1). Baja tempa (G3201 ditempa dari ingot yang dikil dan disebut bahan SF; kekuatan dijamin) juga sering dipakai. Poros-poros yang bentuknya sulit seperti poros engkol, besi cor nodul atau coras lainnya telah banyak dipakai.

Tabel 1.1 Baja karbon untuk konstruksi mesin dan baja batang yang difinis dingin untuk poros (Sularso, 1983)

Standar dan Macam	Lambang	Perlakuan Panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	“	52	
	S40C	“	55	
	S45C	“	58	
	S50C	“	62	
	S55C	“	66	
Batang baja yang definisi dingin	S35C-D	-	53	Ditarik dingin, digerinda, dibubut gabungan antara hal-hal tersebut
	S45C-D	-	60	
	S55C-D	-	72	

Tabel 1.2 Baja paduan untuk poros (Sularso, 1983)

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)
Baja khrom nikel (JIS G 4102)	SNC 2	-	85
	SNC 3	-	95
	SNC21	Pengerasa Kulit	80
	SNC22	“	100
Baja karbon nikel molibden (JIS G 4103)	SNCM 1	-	85
	SNCM 2	-	95
	SNCM 7	-	100
	SNCM 8	-	105
	SNCM22	Pengerasan kulit	90
	SNCM23	“	100
Baja khrom (JIS G 4104)	SCr 3	-	90
	SCr 4	-	95
	SCr 5	-	100
	SCr21	Pengerasan kulit	80
	SCr22	“	85
Baja khrom molibden (JIS G 4105)	SCM 2	-	85
	SCM 3	-	95
	SCM 4	-	100
	SCM 5	-	105
	SCM21	Pengerasan kulit	85
	SCM22	“	95
	SCM23	“	100

Pada umumnya baja diklasifikasikan atas baja lunak, baja liat, baja agak keras dan baja keras. Diantaranya, baja liat dan baja agak keras banyak dipilih untuk poros. Kandungan karbonnya adalah seperti yang tertera dalam Tabel 1.3.

Baja lunak yang terdapat dipasaran umumnya agak kurang homogen ditengah, sehingga tidak dapat dianjurkan dipergunakan sebagai poros penting. Baja agak keras pada umumnya berupa baja yang dikil seperti telah disebutkan diatas. Baja jenis ini jika diberikan perlakuan panas secara tepat dapat menjadi bahan poros yang sangat baik.

Tabel 1.3 Bahan poros untuk kendaraan rel. (Sularso, 1983)

Golongan	Kadar C (%)
Baja lunak	0,15
Baja liat	0,2-0,3
Baja agak keras	0,3-0,5
Baja keras	0,5-0,8
Baja sangat keras	0,8-1,2

2.1.2 Poros Dengan Beban Puntir

Berikut ini akan dibahas rencana sebuah poros yang mendapat pembebanan utama berupa torsi, seperti pada poros motor dengan sebuah kopling.

Jika diketahui bahwa poros yang akan ditencakan tidak mendapat beban lain kecuali torsi, maka diameter poros tersebut dapat lebih kecil dari pada yang dibayangkan.

Meskipun demikian, jika diperkirakan akan terjadi pembebanan berupa lenturan, tarikan, atau tekanan. Misalnya jika sebuah sabuk, rantai atau roda gigi dipasangkan pada sebuah poros motor, maka kemungkinan adanya pembebanan tambahan tersebut perlu diperhitungkan dalam faktor keamanan yang diambil. Tata cara perencanaan diberikan dalam sebuah diagram aliran. Hal-hal yang perlu diperhatikan akan diuraikan seperti dibawah ini.

Pertama kali, ambillah suatu kasus dimana daya P (kW) harus ditransmisikan dan putaran poros n_1 (rpm) diberikan. Dalam hal ini perlu dilakukan pemeriksaan dibagi dengan efisiensi mekanis η dari sistim transmisi

untuk mendapatkan daya penggerak mula yang diperlukan. Daya yang besar mungkin diperlukan pada saat start, atau mungkin beban yang besar terus bekerja setelah start. Dengan demikian sering kali diperlukan koreksi pada daya rata-rata yang diperlukan dengan menggunakan faktor koreksi pada perencanaan.

Jika P adalah daya nominal output dari motor penggerak, maka berbagai macam faktor keamanan biasanya dapat diambil dalam perencanaan, sehingga koreksi pertama dapat diambil kecil. Jika faktor koreksi adalah f_c (Tabel 1.4) maka daya rencana P_d (kW) sebagai patokan adalah

$$P_d = f_c P \text{ (kW)} \quad (1.1)$$

Tabel 1.4 Faktor-faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan f_c (Sularso, 1983)

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2-2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8-1,2
Daya normal	1,0-1,5

Jika daya diberikan dalam daya kuda (PS), aka harus dikalikan dengan 0,735 untuk mendapatkan daya dalam kW.

Jika momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah T (kg.mm) maka.

$$P_d = \frac{(T/1000)(2\pi n_1/60)}{102} \quad (1.2)$$

Sehingga,

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \quad (1.3)$$

Bila momen rencana T (kg.mm) dibebankan pada suatu diameter poros d_2 (mm), maka tegangan geser τ (kg/mm²) yang terjadi adalah:

$$\tau = \frac{T}{(\pi d_s^3/16)} = \frac{5,1 T}{d_s^3} \quad (1.4)$$

Tegangan geser yang diizinkan τ_a (kg/mm^2) untuk pemakaian umum pada poros dapat diperoleh dengan berbagai cara. Disini τ_a dihitung atas dasar batas kelelahan puntir yang besarnya diambil 40% dari batas kelelahan tarik yang besarnya kira-kira 45% dari kekuatan tarik σ_b (kg.mm^2). Jadi batas kelelahan puntir adalah 18 % dari kekuatan tarik σ_b , sesuai dengan standari ASME. Untuk harga 18 % ini faktor keamanan diambil sebesar $1/0,18 = 5,6$ ini diambil untuk bahan SF dengan kekuatan yang dijamin, dan 6,0 untuk bahan S-C dengan pengaruh masa, dan baja paduan. Faktor ini dinyatakan dengan Sf_1 .

Diameter poros harus dipilih dari Tabel 1.5. Pada tempat dimana akan dipasang bantalan gelinding, pilihlah suatu diameter yang lebih besar dari harga yang cocok didalam tabel untuk menyesuaikan dengan diameter dalam dari bantalan. Dari bantalan yang dipilih dapat ditentukan jari-jari filet yang diperlukan pada tangga poros.¹

¹ Buku Dasar Perencanaan dan Pemilihan Bahan hal. 13

Tabel 1.5 Diameter poros (Sularso, 1983)

4	10	*22,4	40	100	*224	400
		24		(105)	240	
4,5	11	25	42	110	250	420
					260	440
	11,2	28	45	*112	280	450
5	12	30		120	300	460
		*31,5	48		*315	480
	12,5	32	50	125	320	500
*5,6				130	340	530
	14	*35,5	55	140	*355	560
	(15)		56	150	360	
6	16	38	60	160	380	600
	(17)			170		
*6,3	18		63	180		630
	19			190		
	20			200		
	22		65	220		
7			70			
*7,1			71			
			75			
8			80			
9			85			
			90			
			95			

Keterangan: 1. Tanda* menyatakan bahwa bilangan yang bersangkutan dipilih dari bilangan standart.
2. Bilangan didalam kurung hanya dipakai untuk bagian dimana akan dipasang bantalan gelinding.

2.2 Bantalan (*Bearing*)

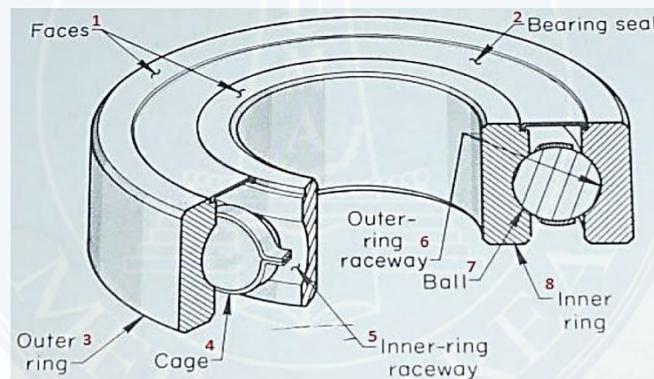
Bearing adalah suatu bantalan dimana tempat bertumpunya poros pada sumbunya dan berputar dengan dudukan dan poros tersebut. Tanpa *bearing* gesekan yang terjadi semakin besar tergantung dari pembebanan, tumpuan, temperatur kerja dan kondisi pembebanan serta putaran yang terjadi pada poros tersebut. Akibat gesekan akan meningkatkan panas pada poros dan dudukannya. Jenis *bearing* tipe HB6310RS dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bearing tipe HB6310RS (www.melrosewheelchairs.com)

a. Sekema *Bearing*

Suatu *bearing* mempunyai bagian-bagian yang merupakan bagian dari keseluruhan *bearing* itu sendiri yang dapat meringankan putaran poros tersebut yaitu seperti *faces*, *Inner ring*, *Outer ring*, *Ball Bearing*, *outer-ring raceway*, *Inner-ring raceway* dan *Cage Diameter*. Seperti pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Komponen utama *bearing*
(<http://developmentsciencetechnology.blogspot.com>)

Keterangan Gambar 2.2:

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. <i>Faces</i> | 5. <i>Inner-ring raceway</i> |
| 2. <i>Bearing seal</i> | 6. <i>Outer-ring raceway</i> |
| 3. <i>Outer ring</i> | 7. <i>Ball bearing</i> |
| 4. <i>Cage</i> | 8. <i>Inner bearing</i> |

b. Fungsi *Bearing*

Fungsi *bearing* adalah penahan poros berbeban sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur, dan juga fungsi *bearing* juga mampu menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar terhadap sumbu rotasinya tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. *Bearing* harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja baik.

Untuk menumpu poros berbeban, maka digunakan bantalan, sehingga putaran atau gerakan bolak-balik dapat berlangsung secara halus dan tahan lama. Posisi bantalan harus kuat, hal ini agar elemen mesin dan poros bekerja dengan baik.

Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros maka bantalan dibedakan menjadi dua hal berikut:

- a. Bantalan luncur, dimana terjadi gerakan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan lapisan pelumas.
- b. Bantalan gelinding, dimana terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti rol atau jarum.

Berdasarkan arah beban terhadap poros, maka bantalan dibedakan menjadi tiga hal berikut:

- a. Bantalan radial, dimana arah beban yang ditumpu sebuah bantalan tegak lurus dengan poros.
- b. Bantalan aksial, dimana arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.

- c. Bantalan gelinding khusus, dimana bantalan ini menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Berikut ini akan dijelaskan berbagai jenis bantalan diatas sebagai berikut:

1. Bantalan Luncur

Menurut bentuk dan letak bagian poros yang ditumpu bantalan. Salah satunya adalah bantalan luncur. Adapun macam-macam bantalan luncur adalah:

- a. Bantalan radial, dapat berbentuk silinder, *elips*.
- b. Bantalan aksial, dapat berbentuk engsel kerah michel.
- c. Bantalan khusus, bantalan ini lebih kebentuk bola.

2. Bantalan Aksial

Bantalan aksial digunakan untuk menahan gaya aksial. Adapun macamnya, yaitu bantalan telapak dan bantalan kerah. Pada bantalan telapak, tekanan yang diberikan oleh bidang telapak poros kepada bidang bantalan semakin besar untuk titik yang semakin dekat dengan pusat.

3. Bantalan Gelinding

Keuntungan dari bantalan ini mempunyai gesekan yang sangat kecil dibandingkan dengan bantalan luncur. Macam-macam bantalan gelinding diantaranya: Pertama, bantalan bola radial alur dalam baris tunggal. Kedua, Bantalan bola radial magneto. Ketiga, bantalan bola kontrak sudut baris tunggal. Keempat, bantalan bola mapan sendiri baris ganda.²

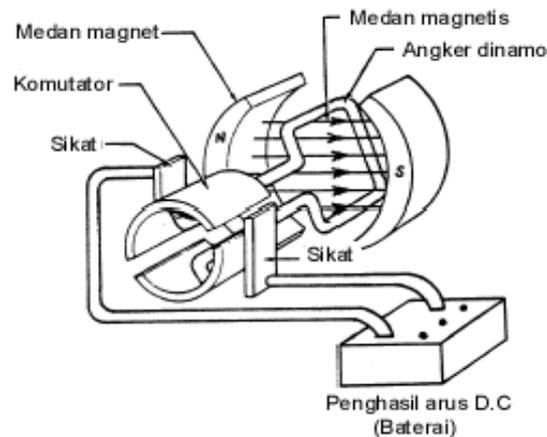
² eprints.undip.ac.id-41546

2.3 Motor DC

Motor DC merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana seperti pada Gambar 2.3 memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.³

³ Mesin Arus searah: Generator dan Motor DC



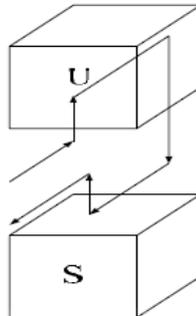
Gambar 2.3 Motor D.C Sederhana
(staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul/makalahmotordc.doc)

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum:

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran / *loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / *torque* untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektro magnetik yang disebut kumparan medan.

Pada motor dc, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus sebagai

tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Motor DC

Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor. Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban dalam hal ini mengacu kepada keluaran tenaga putar / *torque* sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok:

- Beban *torque* konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *torquencya* tidak bervariasi. Contoh beban dengan *torque* konstan adalah *corveyors*, *rotary kilns*, dan pompa *displacement* konstan.
- Beban dengan variabel *torque* adalah beban dengan *torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel *torque* adalah pompa sentrifugal dan *fan* (*torque* bervariasi sebagai kuadrat kecepatan).

Peralatan Energi Listrik: Motor Listrik.

- Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan - peralatan mesin.

Prinsip Arah Putaran Motor

Untuk menentukan arah putaran motor digunakan kaedah Flamming tangan kiri. Kutub - kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya *Lorentz*, yang besarnya sama dengan F .

Prinsip motor: aliran arus di dalam penghantar yang berada di dalam pengaruh medan magnet akan menghasilkan gerakan. Besarnya gaya pada penghantar akan bertambah besar jika arus yang melalui penghantar bertambah besar.

Konstruksi motor DC memiliki 2 bagian dasar, yaitu:

1. Bagian yang tetap / *stasioner* yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.
2. Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir. Gaya elektromagnet pada motor DC timbul saat ada arus yang mengalir pada penghantar yang berada dalam medan magnet. Medan magnet itu sendiri ditimbulkan oleh magnet permanen. Garis-garis gaya magnet mengalir diantara dua kutub magnet dari kutub utara ke kutub selatan. Menurut hukum gaya *Lourentz*, arus yang mengalir pada penghantar

yang terletak dalam medan magnet akan menimbulkan gaya. Gaya F , timbul tergantung pada arah arus I , dan arah medan magnet B .

2.4 *Belt Conveyor*

Conveyor – adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Penggunaannya banyak dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. Dalam kondisi tertentu, *conveyor* banyak dipakai karena mempunyai nilai ekonomis dibanding transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut. *Conveyor* dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak dan kontinu dari satu tempat ke tempat lain. Perpindahan tempat tersebut harus mempunyai lokasi yang tetap agar sistem *conveyor* mempunyai nilai ekonomis. Kelemahan sistem ini adalah tidak mempunyai fleksibilitas saat lokasi barang yang dimobilisasi tidak tetap dan jumlah barang yang masuk tidak *continue*.

Conveyor mempunyai berbagai jenis yang disesuaikan dengan karakteristik barang yang diangkut. Jenis - jenis *conveyor* tersebut antara lain *Apron, Flight, Pivot, Overhead, Loadpropelling, Car, Bucket, Screw, Roller, Vibrating, Pneumatic*, dan *Hydraulic*.

Fungsi *belt conveyor* adalah untuk mengangkut berupa unit atau curah dengan kapasitas yang cukup besar, dan sesuai dengan namanya maka media yang digunakan berupa ban. Konstruksi dari *belt conveyor* adalah:

- a. Konstruksi arah pengangkutan horizontal
- b. Konstruksi arah pengangkutan diagonal atau miring
- c. Konstruksi arah pengangkutan horizontal dan diagonal

Karakteristik dan *performance* dari *belt conveyor* yaitu:

- a. Dapat beroperasi secara mendatar maupun miring dengan sudut maksimum Sampai dengan 18° .
- b. Sabuk disanggah oleh plat roller untuk membawa bahan.
- c. Kapasitas tinggi
- d. Serba guna
- e. Dapat beroperasi secara *continiue*
- f. Kapasitas dapat diatur
- g. Kecepatannya sampai dengan 600 ft/m
- h. Dapat naik turun
- i. Perawatan mudah

Kelemahan - kelemahan dari *belt conveyor* antara lain:

- a. Jaraknya telah tertentu
- b. Biaya relatif mahal
- c. Sudut inklinasi terbatas

A. Bagian – bagian *Belt Conveyor*

Kalau belt panjang, perlu dipakai *training roller*, kalau *belt* pendek tanpa *training roller* tidak masalah. Pada *training roller* sering dipasang pemutus arus, untuk menjaga kalau belt menerima beban *maksimum*, sehingga *belt* dapat menyentuh *training* dan akibatnya arusnya terputus.

- a. *Feed hopper* berfungsi untuk menjaga agar bahan dapat dibatasi untuk melebihi kapasitas pada waktu inlet.
- b. *Outlet chuter* berfungsi untuk pengeluaran material.

- c. *Idle drum* berfungsi mengikuti putaran drum yang lain.
- d. *Take up* berfungsi untuk mengatur tegangan ban agar selalu melekat pada drum, karena semakin lama ban dipakai akan bertambah panjang, kalau tidak diatur ketegangannya ban akan menjadi kendur.
- e. *Belt cleaner* berfungsi untuk membersihkan belt agar belt selalu dalam keadaan bersih.
- f. *Skrapper* depan berfungsi agar jangan sampai ada material masuk *pada idle drum* dengan *belt*.

Impact roller (rol penyangga utama), berfungsi agar menjaga kemungkinan *belt* kena pukulan beban, misalnya, beban yang keras, maka umumnya bagian depan sering diberi *sprocket* dari karet sehingga *belt* bertahan lama.

Banyaknya roll penyangga utama:

- 1. *Roll* tunggal, berfungsi untuk mengangkut material berupa unit.
- 2. *Roll* ganda, berfungsi supaya pengangkutan mencapai beban maksimum dan material tidak menjadi tumpah.
 - a. Untuk ukuran lebar belt yang cukup kecil.
 - b. Untuk ukuran lebar belt yang cukup lebar.

Semakin kecil ukuran lebar *belt*, maka semakin kaku, karena tebal *belt* lebih besar. Kalau semakin luas lebar *belt*, maka semakin lemas, sehingga sering digunakan 5 roll, agar kelengkungan roll sesuai dengan keadaannya.

Untuk *diving* unit, drum seringkali dilapisi:

- a. Dengan bahan karet, sehingga bahan ini yang menyebabkan angka gesek besar.

- b. Dengan alur atau parit - parit, fungsinya untuk mengeluarkan udara yang terjebak didalam drum, bila didalam drum terdapat udara, maka koefisien gesek rendah dan dapat menyebabkan slip.

Konstruksi idle drum berbentuk silinder, seringkali tidak diberi lapisan, untuk kecepatan tinggi daya berbentuk cembung. Bentuk drum dibuat tidak penuh, karena untuk mengurangi bahan yang melekat pada drum, sehingga drum tidak berubah bentuknya dan mempunyai diameter yang lebih besar.

Take Up, berfungsi untuk mengencangkan *belt* agar tidak kendur. Bentuk dari *take up* ini bermacam-macam, misalnya:

- a. *Screw take up*, *take up* ini masih menggunakan system manual, saat *belt* mengalami kendur maka dengan cara manual untuk mengencangkannya. *Take up* ini hanya berlaku untuk jarak jangkauan *belt* yang pendek, itu antara 5 meter sampai 10 meter.
- b. Gravity take up, *take up* ini digerakan secara otomatis, dan jarak jangkauan medium.
- c. Counter weighted vertical gravity take up, *take up* yang bergerak secara otomatis.

B. Kegunaan *Belt Conveyor*

Conveyor terdiri dari bagian - bagian standard dengan teknologi maju, sederhana dan mudah dalam pemeliharaan. Mesin *Vibration SBM* dapat digunakan pada *crushing plant* tetap maupun *mobile crushing plant*. Mesin ini secara luas digunakan dalam industri pertambangan, metalurgi dan batu bara, mentransfer pasiran, material besar, atau material dalam kemasan. Berdasarkan perbedaan barang yang akan ditransfer, sistem transfer dapat berdiri sendiri

ataupun multi *conveyor* atau digabungkan dengan alat transfer lainnya. *Belt conveyor* dapat dipasang secara horisontal atau tertidur untuk memenuhi kebutuhan transfer yang berbeda.⁴

2.5 Motor Power Window

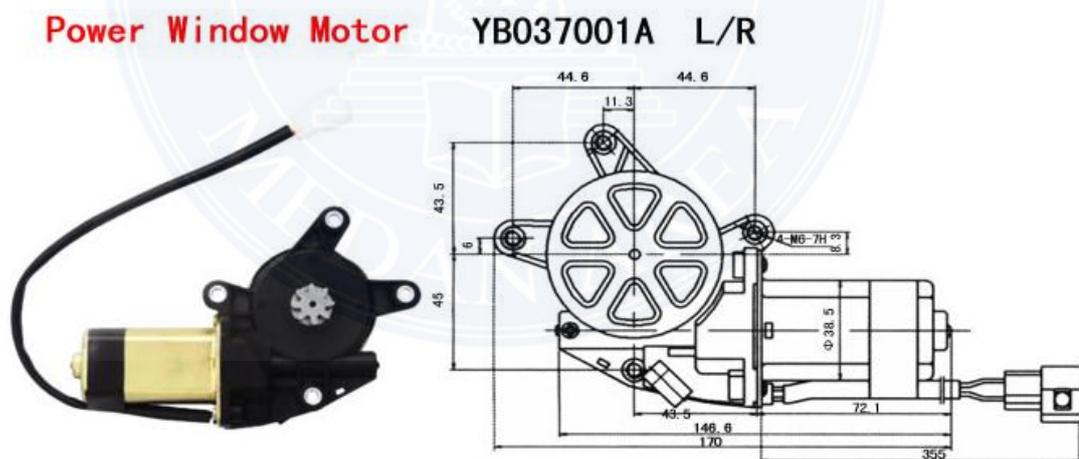
Motor penggerak regulator berputar searah jarum jam atau arah sebaliknya menggerakkan regulator untuk dirubah menjadi gerak maju mundur. Jenis motor yang digunakan pada sistem *power window* adalah motor DC. Motor listrik menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Operasi motor tergantung pada interaksi dua medan magnet. Secara sederhana dikatakan bahwa motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Tujuan motor adalah untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan (torsi). Pada dasarnya beberapa aplikasi yang menggunakan motor DC harus dapat mengatur kecepatan dan arah putar dari motor DC itu sendiri. Untuk dapat melakukan pengaturan kecepatan motor DC dapat menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*) sedangkan untuk mengatur arah putarannya dapat menggunakan rangkaian *H-bridge* yang tersusun dari 4 buah transistor. Tetapi dipasaran telah disediakan IC L293D sebagai driver motor DC yang dapat mengatur arah putar dan disediakan pin untuk input yang berasal dari PWM untuk mengatur kecepatan motor DC. Untuk lebih memahami tentang membangkitkan sinyal PWM menggunakan fitur *Timer* pada *microcontroller* AVR dapat membacanya pada postingan tutorial AVR tentang PWM. Sebelum membahas tentang IC L293D,

⁴ Conveyor Belt technique design and calculation, 1994

alangkah baiknya jika kita membahas driver motor DC menggunakan rangkaian analog terlebih dahulu.

Jika diinginkan sebuah motor DC yang dapat diatur kecepatannya tanpa dapat mengatur arah putarnya, maka kita dapat menggunakan sebuah transistor sebagai driver. Untuk mengatur kecepatan putar motor DC digunakan PWM yang dibangkitkan melalui fitur *timer* pada *microcontroller*. Sebagian besar *power supply* untuk motor DC adalah sebesar 12 V, sedangkan *output* PWM dari *microcontroller* maksimal sebesar 5 V.

Oleh karena itu digunakan transistor sebagai penguat tegangan. Dibawah ini adalah gambar driver motor DC menggunakan transistor. Salah satu jenis motor yang sering digunakan dalam bidang kontrol yaitu motor DC. Motor DC akan berputar jika dialiri tegangan dan arus DC. Berikut Gambar 2.5 adalah motor DC dan jembatan H yang digunakan pada rancangan alat ini:



SPECIFICATION

Voltage Rating (V)	No Load		Load Rating			Locked Torque (Kgf. cm)	Locked Current (A)
	Speed (r. p. m)	Current (A)	Torque (Kgf. cm)	Speed (r. p. m)	Current (A)		
12	85±25	≤3	30	70±20	≤7	85±25	≤20

Gambar 2.5 Motor Power Window
(<http://topreviews-michalehoopes.blogspot.co.id>)

Sistem pengaturan motor DC yang sering digunakan pada sistem kontrol seperti pada gambar yaitu dengan *H-Bridge* yang pada dasarnya adalah 4 buah transistor yang difungsikan sebagai saklar. Pengaturan motor DC yaitu meliputi kecepatan dan arah. Pengaturan arah yaitu dengan cara membalik tegangan logika masukan *H-bridge*. Sedangkan sistem pengendalian kecepatan motor DC digunakan prinsip PWM (*Pulse Width Modulator*) yaitu suatu metode pengaturan kecepatan putaran motor DC dengan mengatur lamanya waktu pensaklaran aktif (*Duty Cycle*). Motor DC merupakan sebuah komponen yang memerlukan arus yang cukup besar untuk menggerakannya. Oleh karena itu motor DC biasanya memiliki penggerak tersendiri. Pada tugas akhir ini motor DC akan digerakkan dengan menggunakan PWM yang telah terintegrasi dengan rangkaian *H-Bridge*. Dengan rangkaian *H-Bridge* yang memiliki input PWM ini, maka selain arah kita juga bisa mengendalikan kecepatan putar motor DC tersebut.

2.6 Jarak

Jarak adalah angka yang menunjukkan seberapa jauh suatu benda berubah posisi melalui suatu lintasan tertentu. Dalam bidang matematika, jarak haruslah memenuhi kriteria tertentu. Berbeda dengan koordinat posisi, jarak tidak mungkin bernilai negatif. Jarak merupakan besaran skalar, sedangkan perpindahan merupakan besaran vektor. Jarak yang ditempuh oleh objek, haruslah dibedakan dengan jarak antara titik satu dengan lainnya.

2.7 Torsi

Setiap vektor momen yang berhimpit dengan sumbu suatu bagian mesin disebut vektor torsi, karena momen ini menyebabkan bagian mesin tersebut memuntir terhadap sumbunya. Batang yang menerima momen seperti itu disebut juga dengan batang torsi. Untuk analisa, dibuat beberapa pengandaian berikut:

1. Batang dibebani oleh torsi murni, dan penampang yang dikaji cukup jauh dari titik kerja beban dan dari perubahan diameter.
2. Penampang yang berdekatan yang semula datar dan sejajar, sesudah puntiran dianggap tetap datar dan sejajar, dan setiap garis radial dianggap tetap lurus.
3. Bahan yang dipakai, mengikuti hukum Hooke.

Persamaan untuk batang berpenampang bulat padat, yaitu:

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \quad (1.5)$$

di mana d adalah diameter batang. Untuk penampang pipa.

$$J = \frac{\pi}{32} (d^4 - d_i^4) \quad (1.6)$$

di mana d_i adalah diameter dalam, sering dinyatakan dengan ID.

Pada penggunaan persamaan, torsi T sering harus dihitung dari daya dan putaran poros yang bergerak. Untuk memudahkan, disini ada tiga rumus yang bisa dipakai:

$$H = \frac{2\pi Tn}{(33\ 000)(12)} = \frac{FV}{33\ 000} = \frac{Tn}{63\ 000} \quad (1.7)$$

$$T = \frac{63\ 000H}{n} \quad (1.8)$$

Kalau satuan yang dipakai adalah SI, rumus yang dapat dipakai adalah:

$$H = T\dot{\omega} \quad (1.9)$$

di mana H = daya

T = torsi, N.m

$\dot{\omega}$ = kecepatan sudut, rad/s

2.8 Kelajuan (V)

Dalam ilmu fisika, istilah laju/kelajuan menyatakan seberapa jauh sebuah benda berpindah selama selang waktu tertentu. Kelajuan merupakan salah satu besaran turunan yang tidak bergantung pada arah, sehingga kelajuan termasuk skalar.

a. Kecepatan rata - rata

Kecepatan rata - rata suatu benda yang bergerak didefinisikan sebagai perpindahan yang ditempuh benda dibagi waktu tempuh.

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Waktu Tempuh}} \quad (1.10)$$

Atau

$$V = \frac{S}{t} \quad (1.11)$$

b. Kecepatan Sesaat

Kecepatan sesaat adalah kecepatan rata - rata selama selang waktu yang sangat kecil. Secara matematis, kecepatan sesaat adalah perbandingan perpindahan dengan selang waktu, jika selang waktu mendekati nol. Secara

matematis, kecepatan sesaat adalah limit perbandingan perpindahan dengan selang waktu jika selang waktu mendekati nol.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1.12)$$

Limit ini dinamakan turunan x terhadap t , dimana dalam kondisi kalkulus (*diferensial/integral*) ditulis dx/dt .

c. Percepatan Rata-Rata

Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai perbandingan perubahan kecepatan dengan selang waktu yang diperlukan untuk berubah tersebut. Secara matematis ditulis:

$$\bar{a} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1.13)$$

Percepatan merupakan besaran vektor, tetapi untuk gerakan satu dimensi hanya perlu menggunakan tanda (+) dan (-) untuk menunjukkan arah sistem koordinat yang dipakai.

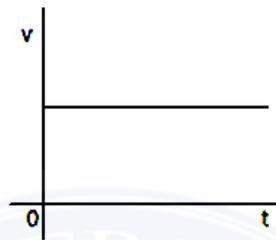
d. Percepatan Sesaat

Percepatan sesaat adalah limit perbandingan perubahan kecepatan dengan selang waktu perubahan, dengan selang waktu mendekati nol. Jika digambarkan grafik kecepatan dengan waktu, kecepatan sesaat pada t didefinisikan sebagai kemiringan garis yang menyinggung kurva pada saat itu.

Percepatan merupakan turunan kecepatan terhadap waktu, dan biasa ditulis dengan notasi dx/dt . Karena kecepatan merupakan turunan dari posisi terhadap t , maka percepatan merupakan turunan kedua x terhadap t , secara matematis.

Suatu benda dikatakan melakukan gerak lurus beraturan jika kecepatan selalu konstan. Kecepatan konstan artinya besar kecepatan atau kelajuan dan arah

kecepatan selalu konstan. Karena besar kecepatan/kelajuan dan arah kecepatan selalu konstan maka bisa dikatakan bahwa benda bergerak dengan lintasan lurus dengan kelajuan konstan.



Gambar 2.6 Grafik Kecepatan Terhadap Waktu
(<http://kinematika.weebly.com/gerak-lurus-berubah-beraturan.html>)

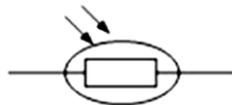
Berdasarkan grafik diatas, tampak bahwa besar kecepatan bernilai tetap pada setiap satuan waktu. Grafik kecepatan terhadap waktu dapat dilihat dari Gambar 2.6 di atas. Besar kecepatan tetap ditandai oleh garis lurus, berawal dari $t = 0$ hingga t akhir.

2.9 Sensor Cahaya

a. LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Resistor peka cahaya (*Light Dependent Resistor*) memanfaatkan bahan semikonduktor yang karakteristik listriknya berubah-ubah sesuai dengan cahaya yang diterima. Bahan yang digunakan adalah Kadmium Sulfida (CdS) dan Kadmuim Selenida (CdSe). Bahan-bahan ini sangat sensitif terhadap cahaya dalam spektrum tampak, dengan puncaknya sekitar $0,6 \mu\text{m}$ untuk CdS dan $0,75 \mu\text{m}$ untuk CdSe. Sebuah LDR CdS yang tipikal memiliki resistansi sekitar $1\text{M}\Omega$ dalam kondisi gelap gulita dan kurang dari $1\text{K}\Omega$ ketika

ditempkan di bawah sumber cahaya terang. Lambang dari *Light Dependent Resistor* dapat dilihat seperti pada Gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2.7 Lambang LDR (<https://depokinstruments.com>)

Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu Laju Recovery dan Respon Spektral:

- Laju *Recovery*

Bila sebuah LDR dibawa dari sebuah ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap maka nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga dikegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju *Recovery* merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam K/detik, untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari 200 K/detik (selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi dari arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 lux.

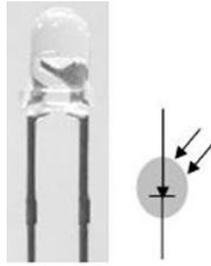
- Respon Spektral

LDR tidak memiliki sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas, perak. Dari kelima

bahan tersebut tembaga merupakan yang paling banyak digunakan karena mempunyai daya hantar yang baik.

b. *Photodiode*

Photodiode adalah jenis dioda yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya. Berbeda dengan dioda biasa, komponen elektronik ini akan mengubah cahaya menjadi arus listrik. Cahaya yang dapat di deteksi oleh dioda ini, mulai dari *infra red*, sinar ultra violet, sampai dengan sinar X. *Photodiode* dibuat dari semikonduktor dengan bahan yang populer adalah *silicon* (Si) atau galium arsenida (GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup: 2500 Å – 11000 Å untuk *silicon*, 8000 Å - 20000 Å untuk GaAs. Ketika sebuah photon (satu satuan energi dalam cahaya) dari sumber cahaya diserap, hal tersebut membangkitkan suatu elektron dan menghasilkan sepasang pembawa muatan tunggal sebuah elektron dan sebuah hole, dimana suatu hole adalah bagian dari sisi-kisi semikonduktor yang kehilangan elektron. Arah arus yang melalui sebuah semikonduktor adalah kebalikan dari gerakan muatan pembawa. Cara tersebut didalam sebuah photodiode digunakan untuk mengumpulkan photon - menyebabkan pembawa muatan (seperti arus atau tegangan) mengalir/terbentuk di bagian-bagian elektroda. Bentuk dari *Photodiode* seperti tampak pada Gambar 2.8 di bawah ini:



Gambar 2.8 *Photodiode* (<https://zefrone.blogspot.co.id>)

c. *PhotoTrasnsistor*

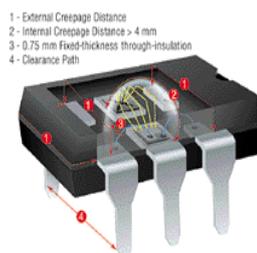
Phototransistor adalah sebuah *transistor* yang apabila dikenai cahaya akan mengalirkan elektron sehingga akan terjadi penguatan arus *transistor*. Bentuk dari *PhotoTransistor* seperti pada Gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9 *PhotoTransistor* (<http://igelectronics.com>)

d. *Optocoupler*

Optocoupler merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on/off-nya. Opto berarti *optic* dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa optocoupler merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik *opto-coupler* termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. Bentuk dari *Optocoupler* seperti yang terlihat pada Gambar 2.10 di bawah ini.

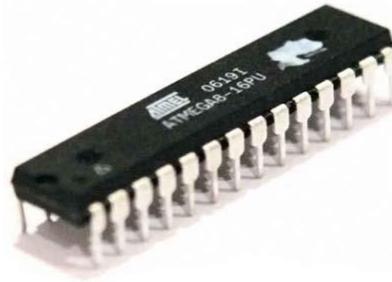


Gambar 2.10 *Optocoupler* (<http://www.electronicproducts.com>)

Bagian pemancar atau *transmitter* dibangun dari sebuah led infra merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik daripada menggunakan *led* biasa. Sensor ini bisa juga digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah ke rangkaian tegangan tinggi. Selain itu juga bisa digunakan sebagai pendeteksi adanya penghalang adanya *transmitter* dan *receiver* dengan memberi ruang uji dibagian tengah antara *led* dan *phototransistor*. Penggunaan ini bisa diterapkan untuk mendeteksi putaran motor atau mendeteksi lubang penanda disket pada disk *drive* komputer.

2.10 ATmega 8

Disini difokuskan pada pembahasan tentang fungsi pin, clock, fuse bit, dll. Sedikit tentang pembahasan bahwa *microcontroller* ATmega8 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe *microcontroller* yang “berkeluarga” sama dengan ATmega8 ini antara lain ATmega8535, ATmega16, ATmega32, ATmega328, dan lain-lain. Yang membedakan antara *microcontroller* yang saya sebutkan tadi antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin input/output), peripheral (USART, timer, counter, dan lain-lain). Bentuk dari *microcontroller* ATmega8 dilihat pada Gambar 2.11 di bawah ini.



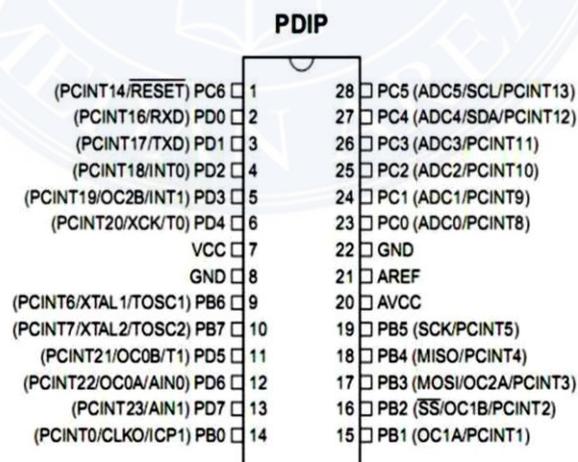
Gambar 2.11 ATMega8

(<https://www.elprocus.com/avr-atmega8-microcontroller-architecture-applications/>)

Dari segi ukuran fisik, ATmega8 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa *microcontroller* yang disebutkan diatas. Namun untuk segi memori dan periperial lainnya ATmega8 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan periperialnya relatif sama dengan ATmega8535, ATmega32, dll, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan *microcontroller* yang saya sebutkan diatas. Untuk pemahaman lebih lanjut akan saya bahas di bawah ini:

a. Fungsi dan Kebutuhan Pin

Pinout IC *microcontroller* ATmega8 yang berpackage DIP dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Konfigurasi Pin Atmega8
(<http://www.circuitstoday.com/avr-atmega8>)

ATmega8 memiliki 28 Pin, yang masing-masing pin nya memiliki fungsi yang berbeda-beda baik sebagai port maupun fungsi yang lainnya. Berikut akan dijelaskan fungsi dari masing-masing kaki ATmega8.

- VCC

Merupakan *supply* tegangan digital.

- GND

Merupakan ground untuk semua komponen yang membutuhkan grounding.

- Port B (PB7...PB0)

Didalam Port B terdapat XTAL1, XTAL2, TOSC1, TOSC2. Jumlah Port B adalah 8 buah pin, mulai dari pin B.0 sampai dengan B.7. Tiap pin dapat digunakan sebagai *input* maupun *output*. Port B merupakan sebuah 8-bit *bi-directional I/O* dengan internal pull-up resistor. Sebagai *input*, pin-pin yang terdapat pada port B yang secara eksternal diturunkan, maka akan mengeluarkan arus jika *pull-up* resistor diaktifkan. Khusus PB6 dapat digunakan sebagai *input* Kristal (*inverting oscillator amplifier*) dan *input* ke rangkaian *clock* internal, bergantung pada pengaturan *Fuse bit* yang digunakan untuk memilih sumber *clock*. Sedangkan untuk PB7 dapat digunakan sebagai *output* Kristal (*output oscillator amplifier*) bergantung pada pengaturan *Fuse bit* yang digunakan untuk memilih sumber *clock*. Jika sumber *clock* yang dipilih dari *oscillator internal*, PB7 dan PB6 dapat digunakan sebagai I/O atau jika menggunakan *Asynchronous Timer/Counter2* maka PB6 dan PB7 (TOSC2 dan TOSC1) digunakan untuk saluran *input timer*, (Richard Barnelt, dkk, "Embedded C Programming and The Atmel AVR).

- Port C (PC5...PC0)

Port C merupakan sebuah *7-bit bi-directional I/O* port yang di dalam masing-masing pin terdapat *pull-up* resistor. Jumlah pin nya hanya 7 buah mulai dari *pin C.0* sampai dengan *pin C 6*. Sebagai keluaran/*output port* C memiliki karakteristik yang sama dalam hal menyerap arus (*sink*) ataupun mengeluarkan arus (*source*).

- RESET/PC6

Jika RSTDISBL *Fuse* diprogram, maka PC6 akan berfungsi sebagai *pin I/O*. *Pin* ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan *pin-pin* yang terdapat pada *port C* lainnya. Namun jika RSTDISBL *Fuse* tidak diprogram, maka pin ini akan berfungsi sebagai input reset. Dan jika *level* tegangan yang masuk ke pin ini rendah dan pulsa yang ada lebih pendek dari pulsa minimum, maka akan menghasilkan suatu kondisi reset meskipun *clock*-nya tidak bekerja.

- Port D (PD7...PD0)

Port D merupakan *8-bit bi-directional I/O* dengan internal *pull-up* resistor. Fungsi dari port ini sama dengan port-port yang lain. Hanya saja pada port ini tidak terdapat kegunaan-kegunaan yang lain. Pada *port* ini hanya berfungsi sebagai masukan dan keluaran saja atau biasa disebut dengan *I/O*.

- AVcc

Pin ini berfungsi sebagai *supply* tegangan untuk ADC. Untuk *pin* ini harus dihubungkan secara terpisah dengan VCC karena *pin* ini digunakan untuk analog saja. Bahkan jika ADC pada AVR tidak digunakan tetap saja disarankan untuk menghubungkannya secara terpisah dengan VCC. Jika ADC digunakan, maka AVcc harus dihubungkan ke VCC melalui *low pass filter*.

- AREF

Merupakan pin referensi jika menggunakan ADC. Pada AVR status *register* mengandung beberapa informasi mengenai hasil dari sebanyak hasil eksekusi instruksi aritmatik. Informasi ini digunakan untuk altering arus program sebagai kegunaan untuk meningkatkan performa pengoperasian. Register ini di-*update* setelah operasi ALU (*Arithmetic Logic Unit*) hal tersebut seperti yang tertulis dalam *datasheet* khususnya pada bagian *Instruction Set Reference*. Dalam hal ini untuk beberapa kasus dapat membuang penggunaan kebutuhan instruksi perbandingan yang telah didedikasikan serta dapat menghasilkan peningkatan dalam hal kecepatan dan kode yang lebih sederhana dan singkat. *Register* ini tidak secara otomatis tersimpan ketika memasuki sebuah rutin interupsi dan juga ketika menjalankan sebuah perintah setelah kembali dari interupsi. Namun hal tersebut harus dilakukan melalui *software*. Berikut adalah Gambar 2.13 status *register*.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.13 Status Register ATmega8 (<https://www.elprocus.com>)

- Bit 7(I)

Merupakan *bit Global Interrupt Enable*. *Bit* ini harus di-set agar semua perintah interupsi dapat dijalankan. Untuk perintah interupsi individual akan di jelaskan pada bagian yang lain. Jika bit ini di-*reset*, maka semua perintah interupsi baik yang individual maupun yang secara umum akan di abaikan. Bit ini akan dibersihkan atau *cleared* oleh *hardware* setelah sebuah interupsi di jalankan dan akan di-*set* kembali oleh perintah RETI. *Bit* ini juga dapat diset dan di-*reset* melalui aplikasi dan intruksi SEI dan CLI.

- Bit 6(T)

Merupakan *bit Copy Storage*. Instruksi *bit Copy Instructions* BLD (*Bit Load*) and BST (*BitStore*) menggunakan *bit* ini sebagai asal atau tujuan untuk *bit* yang telah dioperasikan. Sebuah *bit* dari sebuah *register* dalam *Register File* dapat disalin ke dalam bit ini dengan menggunakan instruksi BST, dan sebuah *bit* di dalam bit ini dapat disalin ke dalam *bit* di dalam *register* pada *Register File* dengan menggunakan perintah BLD.

- Bit 5(H)

Merupakan *bit Half Carry Flag*. *Bit* ini menandakan sebuah *Half Carry* dalam beberapa operasi aritmatika. *Bit* ini berfungsi dalam aritmatika BCD.

- Bit 4(S)

Merupakan *Sign bit*. *Bit* ini selalu merupakan sebuah eksklusif di antara *Negative Flag* (N) dan *two's Complement Overflow Flag* (V).

- Bit 3(V)

Merupakan *bit Two's Complement Overflow Flag*. *Bit* ini menyediakan fungsi aritmatika dua komplemen.

- Bit 2(N)

Merupakan *bit Negative Flag*. *Bit* ini mengindikasikan sebuah hasil *negative* di dalam sebuah fungsi logika atau aritmatika.

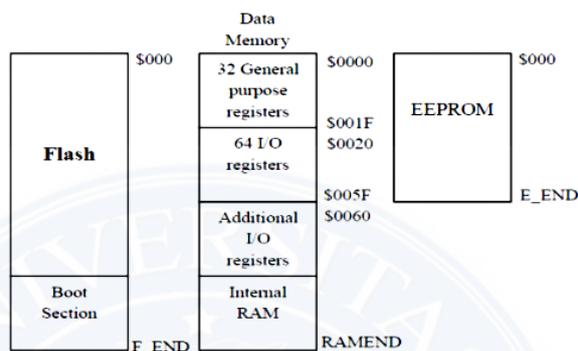
- Bit 1(Z)

Merupakan *bit Zero Flag*. *Bit* ini mengindikasikan sebuah hasil nol "0" dalam sebuah fungsi aritmatika atau logika.

- Bit 0(C)

Merupakan *bit Carry Flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah Carry atau sisa dalam sebuah aritmatika atau logika.

b. Memori AVR ATmega



Gambar 2.14 Peta Memori Atmega (<http://www.robotics-university.com>)

Pada Gambar 2.14 diatas tentang Memori ATmega terbagi menjadi tiga yaitu:

1. Memori *Flash*

Memori flash adalah memori ROM tempat kode-kode program berada. Kata flash disini menunjukkan jenis ROM yang dapat ditulis dan dihapus secara elektrik. Memori flash terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian aplikasi dan bagian *boot*. Bagian aplikasi adalah bagian kode-kode program aplikasi berada. Bagian *boot* adalah bagian yang digunakan khusus untuk *booting* awal yang dapat diprogram untuk menulis bagian aplikasi tanpa melalui *programmer/downloader*, misalnya melalui USART.

2. Memori Data

Memori data adalah memori RAM yang digunakan untuk keperluan program. Memori data terbagi menjadi empat bagian yaitu: 32 GPR (*General Purpose Register*) adalah register khusus yang bertugas untuk membantu eksekusi program oleh ALU (*Arithmatich Logic Unit*), dalam instruksi assembler

setiap instruksi harus melibatkan GPR. Dalam bahasa C biasanya digunakan untuk variabel global atau nilai balik fungsi dan nilai nilai yang dapat memperingan kerja ALU. Dalam istilah processor computer sehari-hari GPR dikenal sebagai “*chace memory*”.

I/O register dan Additional I/O register adalah *register* yang difungsikan khusus untuk mengendalikan berbagai pheripheral dalam mikrokontroler seperti *pin port*, *timer/counter*, *usart* dan lain-lain. Register ini dalam keluarga microcontrol MCS51 dikenal sebagai SFR (*Special Function Register*).

3. EEPROM

EEPROM adalah memori data yang dapat mengendap ketika chip mati (*off*), digunakan untuk keperluan penyimpanan data yang tahan terhadap gangguan satu daya.

c. *Timer/Counter 0*

Timer/counter 0 adalah sebuah *timer/counter* yang dapat mencacah sumber pulsa/clock baik dari dalam *chip (timer)* ataupun dari luar *chip (counter)* dengan kapasitas 8-bit atau 256 cacahan.

Timer/counter dapat digunakan untuk :

1. *Timer/counter* biasa
2. *Clear Timer on Compare Match* (selain Atmega 8)
3. *Generator* frekuensi (selain Atmega 8)
4. *Counter* pulsa *eksternal*

d. Komunikasi Serial Pada Atmega 8

Microcontroller AVR Atmega 8 memiliki *Port* USART pada Pin 2 dan Pin 3 untuk melakukan komunikasi data antara *microcontroller* dengan *microcontroller* ataupun *microcontroller* dengan komputer. USART dapat difungsikan sebagai transmisi data sinkron, dan asinkron. Sinkron berarti *clock* yang digunakan antara *transmitter* dan *receiver* satu sumber *clock*. Sedangkan asinkron berarti *transmitter* dan *receiver* mempunyai sumber *clock* sendiri - sendiri. USART terdiri dalam tiga blok yaitu *clock generator*, *transmitter*, dan *receiver*, (Sumardi ,Belajar AVR Mulai dari Nol, 2013).

2.11 Kapasitor

Menurut Istiyanto (2013:22), bayangan dua buah konduktor yang bentuknya sembarangan dan netral. Hubungan kedua konduktor itu dengan sebuah baterai hingga timbul beda potensial ΔV diantara keduanya dan muatan masing - masing konduktor $+Q$ dan $-Q$ mengapa muatan di kedua konduktor pasti sama besarnya , tetapi berlawanan tanda ? susunan kedua konduktor ini dinamakan kapasitor.

Kapasitor berbeda dengan akumulator dalam menyimpan muatan listrik terutama tidak terjadi perubahan kimia pada bahan kapasitor, besarnya kapasitansi dari sebuah kapasitor dinyatakan dalam farad. Pengertian lain kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan - bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas, elektrolit dan lain - lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan - muatan positif akan mengumpul pada salah

satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan - muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non - konduktif. Muatan elektrik ini “tersimpan” selama tidak ada konduksi pada ujung - ujung kakinya. Kemampuan untuk menyimpan muatan listrik pada kapasitor disebut dengan kapasitansi atau kapasitas.

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = 6.25×10^{18} elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 *coulombs*. Dengan rumus dapat ditulis:

$$Q = CV \tag{1.14}$$

Dimana : Q = muatan elektron dalam C (*coulombs*)

C = nilai kapasitansi dalam F (*farads*)

V = besar tegangan dalam V (*volt*).

Prinsip Pembentukan Kapasitor:

- Jika dua buah plat atau lebih yang berhadapan dan dibatasi oleh isolasi, kemudian plat tersebut dialiri listrik maka akan terbentuk kondensator (isolasi yang menjadi batas kedua plat tersebut dinamakan dielektrikum).
- Bahan dielektrikum yang digunakan berbeda-beda sehingga penamaan kapasitor berdasarkan bahan dielektrikum. Luas plat yang berhadapan bahan dielektrikum dan jarak kedua plat mempengaruhi nilai kapasitansinya.

- Pada suatu rangkaian yang tidak terjadi kapasitor liar. Sifat yang demikian itu disebutkan kapasitansi parasitic. Penyebabnya adalah adanya komponen-komponen yang berdekatan pada jalur penghantar listrik yang berdekatan dan gulungan - gulungan kawat yang berdekatan.

Besaran Kapasitansi

Kapasitas dari sebuah kapasitor adalah perbandingan antara banyaknya muatan listrik dengan tegangan kapasitor.

$$C = Q / V \quad (1.15)$$

Jika dihitung dengan rumus $C = 0,0885 D/d$.

Maka kapasitasnya dalam satuan piko farad $D =$ luas bidang plat yang saling berhadapan dan saling mempengaruhi dalam satuan cm^2 , $d =$ jarak antara plat dalam satuan cm. Bila tegangan antara plat 1 volt dan besarnya muatan listrik pada plat 1 coulomb, maka kemampuan menyimpan listriknya disebut 1 farad.

Dalam kenyataannya kapasitor dibuat dengan satuan dibawah 1 farad. Kebanyakan kapasitor elektrolit dibuat mulai dari 1 mikrofarad sampai beberapa milifarad.

Jenis-jenis kapasitor sesuai bahan dan konstruksinya:

Kapasitor seperti juga resistor nilai kapasitansinya ada yang dibuat tetap dan ada yang variabel. Kapasitor dielektrikum udara, kapasitansinya berubah dari nilai maksimum ke minimum. Kapasitor variabel sering kita jumpai pada rangkaian pesawat penerima radio dibagian penala dan osilator. Agar perubahan kapasitansi di dua bagian tersebut serempak maka digunakan kapasitor variabel ganda. Kapasitor variabel ganda adalah dua buah kapasitor variabel dengan satu pemutar. Berdasarkan dielektrikumnya kapasitor dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

- kapasitor keramik
- kapasitor film
- kapasitor elektrolit
- kapasitor tantalum
- kapasitor kertas

Berdasarkan polaritas kutub pada elektroda kapasitor dapat dibedakan dalam 2 jenis yaitu:

- Kapasitor Non-Polar, kapasitor yang tidak memiliki polaritas pada kedua elektroda dan tidak perlu dibedakan kaki elektrodanya dalam pesangannya pada rangkaian elektronika.
- Kapasitor Bi-Polar, yaitu kapasitor yang memiliki polaritas positif dan negatif pada elektrodanya, sehingga perlu diperhatikan pesangannya pada rangkaian elektronika dan tidak boleh terbalik.

Kapasitor elektrolit dan kapasitor tantalum adalah kapasitor yang mempunyai kutub atau polar, sering disebut juga dengan nama kapasitor polar. Kapasitor film terdiri dari beberapa jenis yaitu *polyester film*, *poly propylene film* atau *polysterene film*.

2.12 Resistor

Menurut Surya (2010:24), resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian.

Fungsi resistor dapat diumpamakan dengan sekeping papan yang dipergunakan untuk menahan aliran air di selokan. Dengan memakai tahana papan ini, maka arus air bias terhambat alirannya. Perumpamaan ini dapat kita terapkan

dalam tahanan listrik. Makin besar papan yang dipergunakan dalam menahan air, makin kecil air yang mengalir. Arus listrik atau aliran listrik dinyatakan dalam ampere (A), sedangkan tegangan dinyatakan dalam volt (V).

Jadi resistor berfungsi untuk:

- Menahan sebagian arus listrik agar sesuai dengan kebutuhan suatu rangkaian elektronika.
- Menurunkan tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh rangkaian elektronika.
- Membagi tegangan.
- Bekerja sama dengan transistor dan kondensator dalam suatu rangkaian untuk membangkitkan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah.

Fungsi resistor yang menghambat arus listrik tersebut dimungkinkan karena resistor memiliki kemampuan menghambat laju electron didalam rangkaian elektronika. Hambatan yang ditimbulkan oleh resistor ini mengakibatkan arus dalam rangkaian akan menjadi berkurang. Besar atau nilai hambatan listrik suatu resistor telah dirancang terlebih dahulu oleh pabrik pembuatnya. Namun demikian, nilai hambatan yang ada dapat saja berubah bila resistor dioperasikan pada suhu yang tidak sesuai. Berdasarkan jenis hambatannya, resistor dibagi atas:

1. Resistor tetap, nilai hambatannya tetap:
 - a. Resistor kawat logam, misalnya tahanan dari kawat logam yang digulung dipermukaan pipa tabung kaca.
 - b. Resistor arang, resistor ini paling banyak digunakan pada rangkaian alat elektronika transistor.

2. Resistor variabel:

Nilai hambatannya dapat diubah sesuai dengan yang dibutuhkan, resistor variabel disebut juga potensiometer.

- a. Resistor variable arang yang merupakan potensiometer, dapat diputar atau digeser.
- b. Resistor variabel kawat logam.

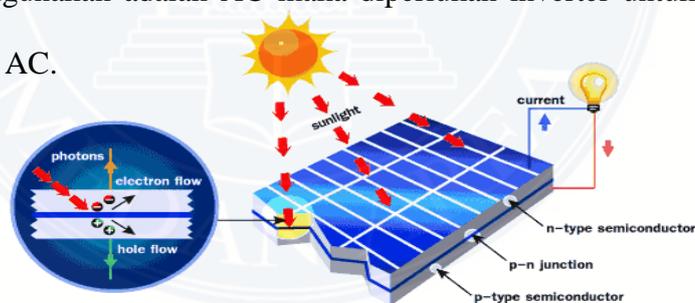
Berdasarkan bahan pembuatnya, resistor terbuat dari bahan seperti:

1. Logam, misalnya besi, wolfram dan aluminium
2. Campuran logam, misalnya nikrom
3. Bahan non logam, misalnya karbon, keramik berlapis logam.
4. Semikonduktor

Resistor arang diberi kode warna untuk mempermudah menentukan ukurannya. Kode warna diciptakan oleh RMA (*radio manufactures association*) yang merupakan perkumpulan pabrik - pabrik radio di Eropa dan Amerika. Kode warna yang ditetapkan oleh RMA ini menentukan besarnya ukuran resistor (tahanan). Resistor diukur dengan ohm, dalam praktek sehari - hari peminat elektronika harus dapat menentukan ukuran resistor pada waktu membaca kode warna resistor tersebut. Untuk menguji kebenarannya kita dapat menggunakan ohmmeter yang ada pada AVO-meter.

2.13 Solar Cell (Photovoltaic).

Solar cell atau panel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik.. *Solar cell* biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaiik. *Solar cell* mulai populer akhir - akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan enegi fosil dan isu global warming. energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis. *Solar cell* dapat dilihat pada Gambar 2.15. Skema *Solar Cell* sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Dimana cahaya matahari salah satu bentuk energi dari sumber daya alam yang merupakan arus DC, masuk ke *charger controller* dan disimpan pada battery. Dan jika alat mekanik yang digunakan adalah AC maka diperlukan inverter untuk mengubah arus DC menjadi AC.



Gambar 2.15 Skema *Solar Cell* (<https://teknologisurya.wordpress.com>)