

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah penyusun melakukan telaah terhadap beberapa penelitian, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang penyusun lakukan.

Sebagai referensi Penelitian yang yang berhasil penyusun temukan adalah penelitian yang dilakukan oleh Rizky Ayu Trisnaningtyas (2010) yang berjudul "*Analisa Design System Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) pada Offshore Pipeline milik JOB Pertamina-Petrochina East Java*". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendiskripsikan design yang efisien untuk *Offshore Pipeline* milik JOB Pertamina-Petrochina East Java.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk desain Untuk sistem ICCP dibutuhkan 2 anoda dipasang pada area Palang Station sama area Palang. Untuk Sacrificial Anode dibutuhkan 73 anode dengan dipasang sepanjang offshore pipeline dengan jarak yang sudah ditentukan sebesar 254,41m. - Untuk instalasi sistem ICCP meliputi pemasangan anoda MMO dengan FRP, pemasangan FRP dan stainless band pada pipa, pemasangan junction box tepat berada di samping FRP, peletakkan posisi rectifier, serta pemasangan kabel DC ukuran 16 mm² dan 35 mm² sedangkan untuk instalasi Sacrificial Anode meliputi pemasangan anoda bracelet aluminium

sepanjang offshore pipeline 18.625,28 m dari Palang Station FSO sehingga jarak pemasangan 254,41 m.

Penelitian diatas memiliki persamaan dengan penelitian yang peneliti lakukan yaitu mengenai tema yang di teliti, sama-sama meneliti tentang pengurangan dampak terjadinya korosi. sedangkan perbedaannya yaitu mengenai objek dan tempat yang di teliti.

Meskipun penelitian diatas telah disebutkan adanya penelitian dengan tema yang serupa dengan riset yang penyusun lakukan, akan tetapi mengingat besarnya laju korosi dan banyaknya kegagalan system yang berjalan tidak normal selama berbulan bulan dan menyebabkan timbulnya kerusakan pada aset perusahaan pada **PT. PLN (persero) Pembangkitan Tanjung Jati B Unit 3 dan 4** yang berlokasi di Jepara, Jawa Tengah.

Berdasarkan permasalahan diatas penyusun melakukan penelitian untuk mendapatkan tindakan yang sesuai dengan yang ada di lapangan menggunakan *prototype* yang dapat menunjukkan hasil dari anodanya tanpa melakukan pengecekan secara manual (penyelaman kedasar laut) yaitu dengan cara menampilkan besaran arus yang mengalir pada anoda di LCD, serta memberi lampu indikator apabila ada kelainan pada anoda yang terpasang.

Dengan demikian, permasalahan yang terjadi di lapangan akan dapat terdeteksi sedini mungkin dengan harapan dapat dilakukan penanganan yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi, dengan adanya *prototype* ini

akan memberikan gambaran sebagai salah satu solusi untuk menangani permasalahan yang terjadi di PT. PLN (persero) Pembangkitan Tanjung Jati B Unit 3 dan 4.

2.2 Pengertian Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, 1991). Sebuah unsur besi (Fe) yang teroksidasi (melepaskan elektron) lama kelamaan akan rapuh bahkan habis. Reaksi oksidasi Fe sebagai berikut (Rahayu, 2009):



Suatu korosi dapat terjadi apabila memiliki anoda, katoda, media elektrolit, adanya arus listrik akibat pergerakan elektron (Chodijah, 2008). Masalah korosi bukan hanya sebatas larutan yang asam saja, tetapi masalah komponen – komponen dari suatu struktur atau bagian – bagian suatu mesin yang menggunakan lebih dari satu jenis logam ataupun non-logam. Dua logam yang berdekatan atau dalam satu lingkungan basah, dan mempunyai beda potensial yang jauh, maka terciptalah daerah anoda dan katoda di kedua logam tersebut yang biasa disebut reaksi dwi logam (Iswanto, 2011). Reaksi oksidasi dan reduksi berikut (Rahayu, 2009):



Tampak pada reaksi Al mengalami oksidasi (pelepasan elektron) dan Fe mengalami reduksi (penerimaan elektron). Kondisi tersebut bisa terjadi karena kedua logam memiliki beda potensial dengan harga potensial Al adalah - 1,67 volt, dan harga potensial Fe adalah -0,44 volt (Tabel 2.1). Jadi logam yang memiliki harga potensial yang lebih negatif akan lebih mudah teroksidasi.

Tabel 2.1 Potensial Elektroda Standar

NO.	Reaksi Elektroda	E° (volt)
1.	$\text{Au}^{+} + e^{-} \longrightarrow \text{Au}$	+1,68
2.	$\text{Pt}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Pt}$	+1,20
3.	$\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Hg}$	+0,85
4.	$\text{Ag}^{+} + e^{-} \longrightarrow \text{Ag}$	+0,80
5.	$\text{Cu}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Cu}$	+0,34
6.	$2\text{H}^{+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{H}_2$	0,00
7.	$\text{Pb}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Pb}$	-0,13
8.	$\text{Sn}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Sn}$	-0,14
9.	$\text{Ni}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Ni}$	-0,25
10.	$\text{Cd}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Cd}$	-0,40
11.	$+ 2e^{-} \longrightarrow \text{Fe}$	-0,44
12.	$+ 3e^{-} \longrightarrow \text{Cr}$	-0,71
13.	$\text{Zn}^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow \text{Zn}$	-0,76
14.	$\text{Al}^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow \text{Al}$	-1,67

Lanjutan Tabel 2.1 Potensial Elektroda Standar

NO.	Raksi Elektroda	E° (volt)
15.	$Mg^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Mg$	-2,34
16.	$Na^{+} + e^{-} \longrightarrow Na$	-2,71
17.	$Ca^{+} + e^{-} \longrightarrow Ca$	-2,87
18.	$K^{+} + e^{-} \longrightarrow K$	-2,92

2.3 Lingkungan Korosi

Ada beberapa pengaruh lingkungan korosi secara umum, yaitu sebagai berikut (Nova dan Nurul, 2012):

- a. Lingkungan air. Air atau uap air dalam jumlah sedikit atau banyak akan mempengaruhi tingkat korosi pada logam.
- b. Lingkungan udara. Temperatur, kelembaban relatif, partikel - partikel abrasif, dan ion - ion agresif yang terkandung dalam udara sekitar sangat mempengaruhi laju korosi.
- c. Lingkungan asam, basa, dan garam. Pada lingkungan air laut, dengan konsentrasi NaCl atau jenis garam - garam lain seperti KCl bervariasi akan menyebabkan laju korosi logam cepat.

2.4 Mekanisme Korosi

Korosi secara elektrokimia dapat diilustrasikan dengan reaksi antar ion logam dengan molekul air. Mula-mula akan terjadi hidrolisis yang

akan mengakibatkan keasaman meningkat (Trethewey, 1991). Hal ini dapat diterangkan dengan persamaan berikut :



M = simbol untuk atom logam

n = jumlah ion suatu unsur

Persamaan ini menggambarkan reaksi hidrolisis yang umum, Di mana pada elektrolit yang sebenarnya akan terdapat peran klorida yang penting tetapi akan menjadi rumit untuk diuraikan. Kecenderungan yang rendah dari klorida untuk bergabung dengan ion-ion hidrogen dalam air mendorong menurunnya pH larutan elektrolit (Trethewey, 1991).

Persamaan reaksi jika reaksi di atas adalah ion besi dan molekul air (Trethewey, 1991), adalah sebagai berikut :



besi (I)

besi (II)

Kemudian reaksi ini dapat berlanjut dengan terjadinya reaksi oksidasi oleh kehadiran oksigen terhadap besi (II), sehingga akan terbentuk ion-ion besi (III) (Trethewey, 1991). Persamaan reaksi tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :



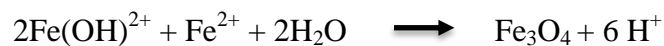
besi (II)

besi (III)

Reaksi-reaksi hidrolisis selanjutnya dimungkinkan, yang menyebabkan larutan semakin asam :



Untuk selanjutnya dapat diuraikan reaksi dari ion-ion kompleks sehingga terbentuk hasil korosi utama yaitu magnetit dan karat, berturut-turut dinyatakan dengan rumus Fe_3O_4 dan FeO(OH) [Trethewey, 1991]. Persamaan reaksi-reaksi tersebut adalah :



Karat Laju korosi secara elektrokimia merupakan kecepatan rata-rata perubahan ketebalan atau berat dari logam yang mengalami korosi terhadap waktu melalui proses elektrokimia [Trethewey, 1991].

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Korosi

Korosi pada permukaan suatu logam dapat dipercepat oleh beberapa faktor, antara lain (Widharto, 2001):

- 1) Kontak langsung antara logam dengan H_2O dan O_2 .
- 2) Keberadaan zat pengotor.
- 3) Kontak dengan elektrolit
- 4) Temperatur
- 5) pH
- 6) Mikroba

2.6 Korosi pada Media Air Laut

Korosi yang terjadi dilingkungan air laut di dorong oleh faktor-faktor kadar gas dalam air laut (aerosols), hujan (rain), embun (dew), kondensasi (condensation) dan tingkat kelembaban (humidity) serta resistivitas. Secara alami lingkungan air laut mengandung ion khlorida (chloride ions) dengan kombinasi tingginya penguapan (moisture), unsur yang terkandung dalam air laut dapat dilihat dalam Tabel.2.2 dan persentasi oksigen terkandung yang juga turut memperparah korosi karena air laut. Korosi pada air laut sangat tergantung pada :

- a) Kadar khlorida
- b) pH
- c) Kadar Oksigen
- d) Temperatur

Tabel 2.2 Unsur pokok dalam media air laut (Benjamin D, 2006)

<i>Anion</i>	<i>Part/Million</i>	<i>Equevalents per Million</i>	<i>Part per Million per unit Chlorinity</i>
<i>Chloride, Cl⁻</i>	18.980,00	535,30	998,90
<i>Sulfate, SO₄²⁻</i>	2.649,00	55,10	139,40
<i>Bicarbonete, HCO₃⁻</i>	139,70	2,30	7,35
<i>Bromine, Br⁻</i>	64,60	0,80	3,40
<i>Fluoride, F⁻</i>	1,30	0,10	0,07
<i>Boric Acid, H₃BO₃</i>	26,00	-	1,37
Total		593,60	
<i>Cation</i>	<i>Part/Million</i>	<i>Equevalents per Million</i>	<i>Part per Million per unit Chlorinity</i>
<i>Sodium, Na⁺</i>	10.556,10	159,00	555,60
<i>Magnesium, MG²⁺</i>	1.272,00	104,60	66,95
<i>Calcium, Ca²⁺</i>	400,10	20,00	21,06
<i>Potassium, K⁺</i>	380,00	9,70	20,00
<i>Strontium, Sr²⁺</i>	13,30	0,30	0,70
Total		593,60	

Air laut merupakan lingkungan yang korosif untuk besi dan baja, terutama karena resistivitas air laut sangat rendah ($+ 25 \text{ Ohm-cm}$) dibandingkan resistivitas air tawar ($+ 4000 \text{ Ohm-cm}$). Proses korosi air laut merupakan proses elektrokimia. Faktor –faktor yang mendorong korosi pipa galvanis dalam media air laut adalah :

- a. Sifat air laut (kimia-fisika dan biologis)
- b. Sifat logam (pengaruh susunan kimia dan mill scale)

Pengaruh jenis logam adalah makin jauh perbedaan antara potensial reduksi logam yang satu dengan dengan logam yang lain maka makin mudah bagi pasangan sel galvanik ini untuk terkorosi. Lingkungan yang agresif/korosif akan mempercepat laju korosi suatu sel galvanik. Bila lingkungan tersebut terdapat zat-zat inhibitor korosi maka akan menghambat laju korosi.

Jika jarak antara kedua logam bertambah besar laju korosi akan menurun. Bila korosi galvanik ini terjadi dalam larutan maka konduktivitas larutan tersebut juga mempengaruhi kecepatan korosi.

- a. Sifat kimia – fisika air laut

Kandungan garam yang terlarut dalam air laut dan temperatur sangat menentukan penghantaran listrik pada air laut, yang merupakan salah satu faktor mempercepat terjadinya proses korosi. Pada kadar garam yang sama, kenaikan temperatur air laut menyebabkan daya hantar listrik air laut meningkat, sedangkan pada

temperatur air laut yang sama dengan kadar garam yang meningkat menyebabkan hantaran listrik air laut naik.

b. Sifat biologis air laut

Pengaruh fouling (pengotoran pipa galvanis akibat melekatnya hewan dan tumbuhan laut) akan menimbulkan korosi pada pipa galvanis. Proses korosi terjadi saat melekatnya mikro organisme bersel satu pada lambung kapal dengan bantuan cat sebagai zat perekatnya, sehingga terdapat lapisan yang mudah mengelupas.

Pada lapisan yang mengelupas akan timbul benih-benih hewan laut dan tumbuhan laut yang akan terus berkembang biak. Mikroorganisme yang menempel di lambung kapal menimbulkan pertukaran zat yang menghasilkan zat-zat agresif seperti : NH_4OH , CO_2 , H_2S dan atom-atom yang agresif, selanjutnya akibat reaksi elektrokimia terbentuklah gas oksigen. Gas oksigen dengan proses chlorophile akan membentuk sulfit dan sulfat yang menghasilkan zat yang berpengaruh terhadap terjadinya korosi air laut.

2.7 Prinsip - Prinsip Dasar Pengendalian Korosi

Pengendalian korosi bisa dilakukan dengan berbagai cara, yaitu (Trethewey, 1991): modifikasi rancangan, modifikasi lingkungan, pemberian lapisan pelindung, pemilihan bahan, dan proteksi katodik. Metode pengendalian selalu harus menjadi bagian dari konsep perancangan secara keseluruhan, jadi sama kedudukannya dengan parameter - parameter

perancangan lain seperti perhitungan tegangan, lelah, dan teknik - teknik fabrikasi (Trethewey, 1991).

2.6.1. Proteksi Katodik

Proteksi katodik adalah sistem perlindungan permukaan logam dengan cara melalukan arus searah yang memadai ke permukaan logam dan mengkonversikan semua daerah anoda di permukaan logam menjadi daerah katoda. Sistem ini hanya efektif untuk sistem - sistem yang terbenam dalam air atau di dalam tanah.

Sistem perlindungan ini telah berhasil mengendalikan proses korosi untuk kapal - kapal laut, struktur pinggir pantai, instalasi pipa dan tangki bawah tanah atau laut, dan sebagainya. Cara pemberian arus searah dalam sistem proteksi katodik ada dua, yaitu (Chodijah, 2008):

1. Cara arus tanding.

Keuntungan:

- a) Jika tersedia cukup tegangan listrik maka arus proteksi dapat ditingkatkan sesuai yang diinginkan, selama material anoda tetap berfungsi.
- b) Tegangan tidak perlu besar walaupun ada kehilangan karena tahanan, karena hal ini dapat diatur dengan meningkatkan arus.

Kerugian:

- a) Membutuhkan pembangkit arus DC yang tersedia cukup dan kontinyu, apabila terputus maka laju korosi akan meningkat dari semestinya.

- b) Harus selalu memperhatikan arah arus yang diberikan agar tidak terbalik.
- c) Membutuhkan pengawasan tenaga ahli.
- d) Anodanya harus tersekat dan tahan air jika pencelupannya memungkinkan terjadinya korosi pada bagian sekatnya.
- e) Sistem arus tanding dengan anoda dari logam - logam inert harus ada pelindung arus.

2. Cara anoda tumbal.

Keuntungan:

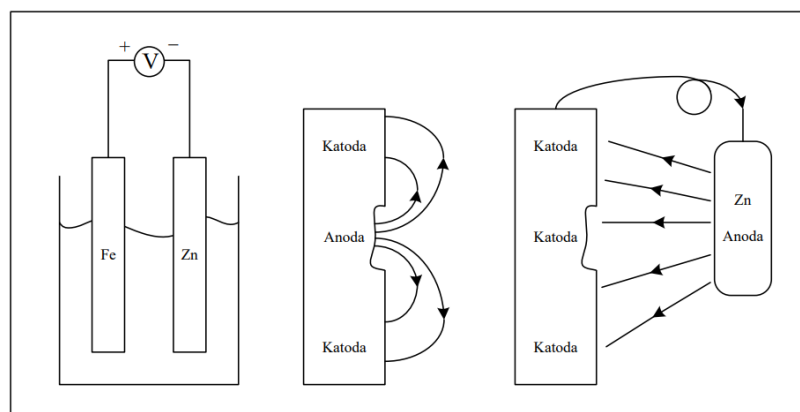
- a) Dapat digunakan walaupun tidak ada sumber listrik dari luar.
- b) Tidak mengeluarkan tambahan biaya untuk pemakaian alat - alat listrik.
- c) Sangat mudah pengawasannya sehingga tidak dibutuhkan orang yang benar - benar ahli.
- d) Arus tidak mungkin mengalir pada arah yang salah sehingga proteksi benar - benar terjadi.
- e) Pemasangan anoda korban sederhana.

Kerugian:

- a) Arus yang tersedia bergantung pada luasan anoda, tentunya bersifat lebih konsumtif bila struktur yang diproteksi sangat besar.

2.6.2. Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal

Proteksi katodik metoda anoda tumbal adalah suatu penanggulangan korosi yang memanfaatkan deret galvanik untuk memilih suatu bahan yang bila digandengkan dengan logam yang ingin dilindungi, akan menjadi anoda (Trethewey, 1991). Gambar 2.1 memperlihatkan contoh proteksi katodik metoda anoda tumbal. Karena bahan yang paling sering membutuhkan perlindungan adalah besi baja, maka dapat dilihat dari deret galvanik bahwa semua logam yang potensialnya lebih aktif dibanding besi baja, menurut teori dapat digunakan.

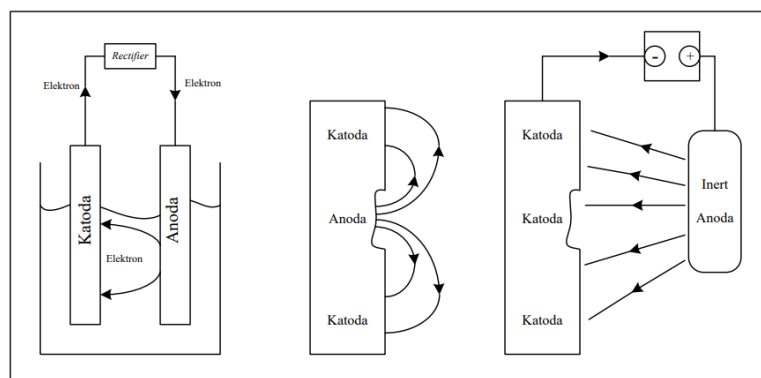


Gambar 2.1 Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal (Trethewey, 1991)

2.6.3. Proteksi Katodik Arus Terpasang (ICCP)

Proteksi katodik menggunakan arus terpasang tidak jauh berbeda dengan metoda anoda tumbal, hanya saja ada beberapa bagian yang tidak dimiliki oleh sistem anoda tumbal seperti *rectifier* penyearah gelombang penuh dan juga anoda yang tidak akan termakan (Gambar 2.2). *Rectifier*

penyearah gelombang penuh mengubah arus searah yang tersedia secara lokal menjadi arus searah dengan tegangan yang dibutuhkan. Catu daya tersebut biasanya dibuat khusus untuk setiap penerapan.



Gambar 2.2 Proteksi Katodik Metoda Arus Terpasang (Trethewey, 1991)

Terkadang anoda terbuat dari sepotong besar besi baja tua yang perlahan - lahan akan termakan akibat proses pelarutan anoda yang normal. Saat ini penggunaan anoda - anoda yang dapat termakan di tempat yang tertimbun lumpur atau pasir di dasar laut, karena pelepasan gas dari reaksi anoda tidak termakan bisa terhambat (Trethewey, 1991). Kebanyakan sistem ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) modern menggunakan bahan anoda seperti paduan timbal atau perak, titanium, platina, dan niobium platina

2.8 Kriteria Proteksi Pips Galvanis dan Besi Tuang

Untuk memastikan apakah proteksi katodik yang diaplikasikan sesuai dengan prinsip kerjanya, diperlukan suatu metode dan kriteria penilaian. Pengendalian korosi eksternal dapat dicapai pada berbagai

tingkatan polarisasi katodik bergantung kondisi lingkungan yang dihadapi. Dapat dilakukan dengan cara mengalirkan arus proteksi dan elektron ke logam yang akan diproteksi, sehingga potensial logam turun ke kondisi immune.

Ketiga kriteria utama proteksi katodik pada pipa galvanis atau besi tuang yang terpendam dalam tanah atau terbenam dalam air menurut *NACE Standard* adalah :

1. -850 mV (*CSE*) terhadap proteksi katodik yang diaplikasikan, potensial ini dapat diukur dengan anoda pembanding Cu-CuSO⁴.
2. Potensial polarisasi -850 mV terhadap *CSE (Copper Saturated Electrode)*,
3. Polarisasi maksimal -1700 mV.

Berdasarkan *NACE (National Association of Corrosion Engineers)*, Di mana angka proteksi terbesar adalah -1700 mV, *CSE* jika melebihi dari ketentuan tersebut dikhawatirkan kondisi coating akan rusak, karena over proteksi dan angka proteksi terendah adalah 850-mV, *CSE* jika proteksi diukur mendapat angka tersebut maka pipa galvanis tidak mendapat proteksi yang maksimal dan korosi akan mudah menyerang pipa galvanis. Apabila percobaan perancangan proteksi katodik dengan anoda korban memenuhi kriteria standar *NACE*, maka dianggap berhasil.

2.8 Rumus-Rumus Proteksi Katodik

1) Laju korosi Tanpa Perlindungan Katodik

Laju korosi dapat dihitung sesuai dengan ASTM (American Society for Testing and Material) G1-81, "Standard Practice for the Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Speciment",

sebagai berikut:

$$\text{Corrosion Rate (mmpy)} = \frac{k \times w}{D \times A \times T}$$

Di mana :

R = Laju Korosi (mpy)

K = Konstanta Besi (8.76×10^4)

W = Berat Hilang (g)

D = massa jenis sampel uji (g/cm^3) = $5,937 \text{ g/cm}^3$,

A = luas penampang (cm^2) ,

T = waktu pengujian (hour)

2) Laju korosi Dengan Perlindungan Katodik

Laju korosi dapat dihitung sesuai dengan perhitungan NACE

"National Association of Corrosion Engineers". sebagai berikut:

$$R = \frac{534 \times W}{D.A.T}$$

Di mana :

R = Laju Korosi (mpy)

W = Berat Hilang (g)

D = massa jenis sampel uji (g/cm^3) = 7.7 ppm

A = luas penampang (cm^2) ,

T = waktu pengujian (hour)

3) Luas permukaan pipa galvanis yang diproteksi

$$A = \pi \times (D \times 0,0254) \times L$$

Di mana :

A = luas permukaan pipa (m²)

$\pi = 3.14$

D= diameter pipa (m)

L = panjang pipa (m)

2) Kebutuhan total arus proteksi

$$I_p = A \times (C_d)$$

Di mana :

I_p = kebutuhan total arus proteksi (A)

A = luas permukaan pipa (m²)

C_d = keperluan arus proteksi (mA/m²)

3) Berat total anoda yang diperlukan

$$W_{tot} = \frac{I_p \times Y \times 8760}{C \times \mu}$$

Di mana :

W_{tot} = berat total anoda yang diperlukan (kg)

I_p = kebutuhan total arus proteksi (A)

Y = umur disain proteksi (tahun)

C = kapasitas (kg/Ampere.tahun)

μ = faktor utilisasi ($0 < \mu < 1$)

4) Jumlah anoda yang diperlukan

$$n = \frac{W_{tot}}{W_a}$$

Di mana :

n = jumlah anoda yang diperlukan (buah)

w_{tot} = berat total anoda yang diperlukan (kg)

w_a = berat tiap anoda (kg)

5) Jarak pemasangan antar anoda

$$s = \frac{L}{n}$$

Di mana :

s = jarak pemasangan antar anoda (m)

L = panjang pipa (m)

n = jumlah anoda yang diperlukan (buah)

6) Kebutuhan arus proteksi tiap jarak anoda

$$lps = \frac{lp}{n}$$

Di mana :

lps = kebutuhan arus proteksi tiap jarak anoda (A)

lp = kebutuhan total arus proteksi (A)

n = jumlah anoda yang diperlukan (buah)

7) Tahanan Anoda yang dipasang Horizontal

$$R_h = \frac{\rho}{2 \pi L} \ln \left(\frac{4 \pi L}{D} - 1 \right)$$

Di mana :

R_h = tahanan anoda yang dipasang horizontal (Ohm)

ρ = resistivitas lingkungan (Ohm.m)

l_a = panjang anoda (m)

D = diameter anoda (cm)

8) Tahanan Anoda yang dipasang Vertikal

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{8 \times L}{D} - 1\right)$$

Di mana :

R_v = tahanan anoda yang dipasang vertikal (A)

ρ = resistivitas lingkungan (Ohm.m)

l_a = panjang anoda (m)

d_a = diameter anoda (m)

9) Keluaran Arus Proteksi Tiap Anoda Horizontal

$$I_{ah} = \frac{0,7}{R_h}$$

Di mana :

I_{ah} = keluaran arus proteksi tiap anoda horizontal (A)

R_h = tahanan anoda yang dipasang horizontal (Ohm)

10) Keluaran Arus Proteksi Tiap Anoda Vertikal

$$I_{av} = \frac{0,7}{R_v}$$

Di mana :

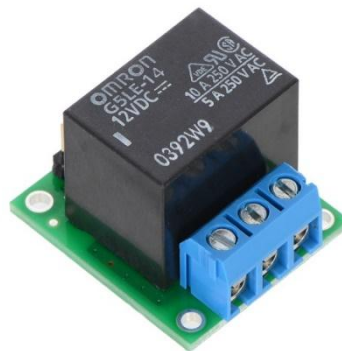
I_{av} = keluaran arus proteksi tiap anoda vertikal (A)

R_v = tahanan anoda yang dipasang vertikal (Ohm)

2.9 Perangkat *Prototype*

2.9.1. Relay

Relay adalah suatu rangkaian *switch* magnetik yang bekerja bila mendapat catu daya suatu rangkaian trigger. *Relay* memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi *output* rangkaian *driver* atau pengemudinya. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC. Konstruksi dalam suatu *relay* terdiri dari lilitan kawat (*coil*) yang dililitkan pada inti besi lunak. Jika lilitan kawat mendapatkan aliran arus, inti besi lunak kontak menghasilkan medan magnet dan menarik *switch* kontak. *Switch* kontak mengalami gaya listrik magnet, sehingga berpindah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan *relay*. *Relay* akan kembali ke posisi semula yaitu *normaly ON* atau *Normaly OFF*. Saat tidak ada lagi arus yang mengalir padanya, posisi normal *relay* tergantung pada jenis *relay* yang digunakan.



Gambar 2.3 Relay Omron

2.9.2. Push Button

Push Button dalam bahasa Indonesia disebut saklar tekan. Pengertian saklar tekan adalah bentuk saklar yang paling umum dari pengendali manual yang dijumpai dalam dunia industri dan elektronika. Tombol tekan NO (*Normally Open*) menyambung rangkaian ketika tombol ditekan dan kembali pada posisi terputus ketika tombol dilepas. Tombol tekan NC (*Normally Close*) akan memutus rangkaian apabila tombol ditekan dan kembali pada posisi terhubung ketika tombol dilepaskan. Pada rangkaian ini *push button* berfungsi untuk menutup dan membuka Arus untuk simulasi berfungsinya alarm.



Gambar 2.4 Push Button

2.9.3. Power Supply

Power supply adalah suatu perangkat keras yang bertugas mengalirkan arus listrik untuk komponen hardware Di mana outputnya adalah arus DC (arus searah). Power supply berbentuk kotak dengan kabel-kabel yang menjulur keluar dengan kabelnya terdapat konektor.

Fungsi Power supply yakni mengaliri arus listrik untuk hardware pada arus DC (arus searah). Semula arus listrik yang masuk ke dalam power supply berupa arus AC (arus bolak-balik), kemudian dikonverter (dirubah) menjadi arus DC (arus searah), baru kemudian disupply ke dalam komponen-komponen elektronika.



Gambar 2.5 Power Supply

2.9.3.1 Rangkaian *Rectifier*

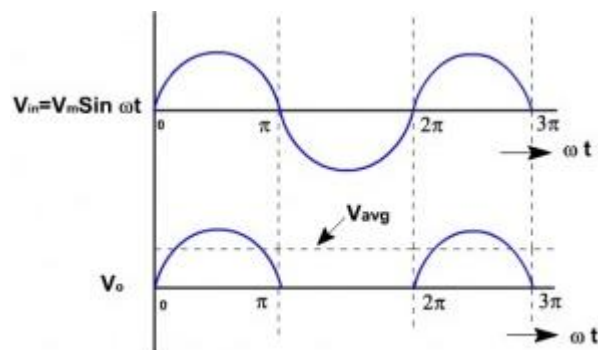
Pengertian *Rectifier* (Penyearah Gelombang Penuh) dan Jenis-jenisnya *Rectifier* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Penyearah Gelombang adalah suatu bagian dari Rangkaian Catu Daya atau *Power Supply* yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal DC (*Direct Current*). Jenis-jenis rangkaian penyearah gelombang di bagi menjadi dua, yaitu :

- a. Penyearah setengah gelombang
- b. Penyearah gelombang penuh

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) hanya menggunakan 1 buah diode sebagai komponen utama dalam

menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator.

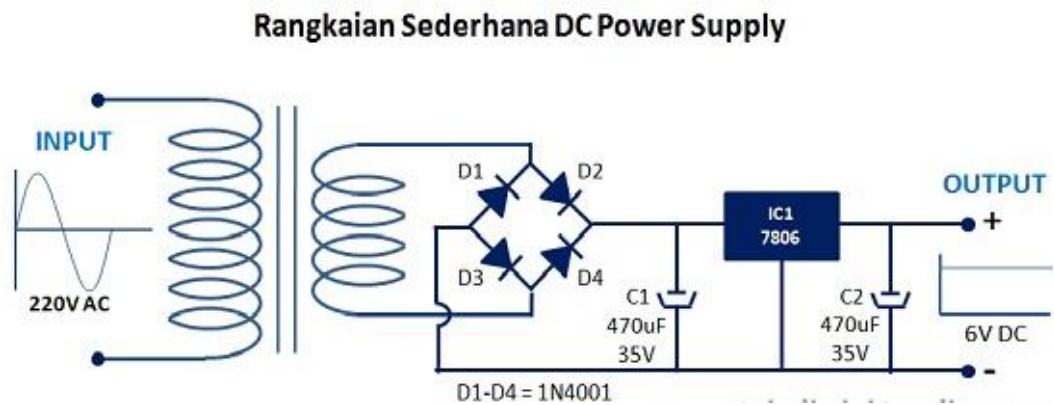
Pada saat transformator memberikan output sisi positif dari gelombang AC maka diode dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi reverse bias, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar sinyal output penyearah setengah gelombang berikut.



Gambar 2.6. Penyearah setengah gelombang

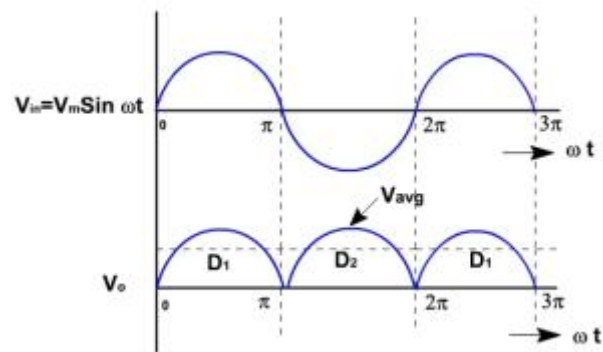
Rangkaian *Rectifier* penyearah gelombang penuh atau Penyearah Gelombang ini pada umumnya menggunakan Dioda sebagai Komponen Utamanya. Hal ini dikarenakan Dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika satu Unit Dioda dialiri arus Bolak-balik (AC), maka Dioda tersebut hanya akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan

setengahgelombangnya lagi diblokir. Berikut di bawah ini rangkaian *rectifier penyearah gelombang penuh 4 dioda*:



Gambar 2.7. Rectifier penyearah gelombang penuh 4 dioda

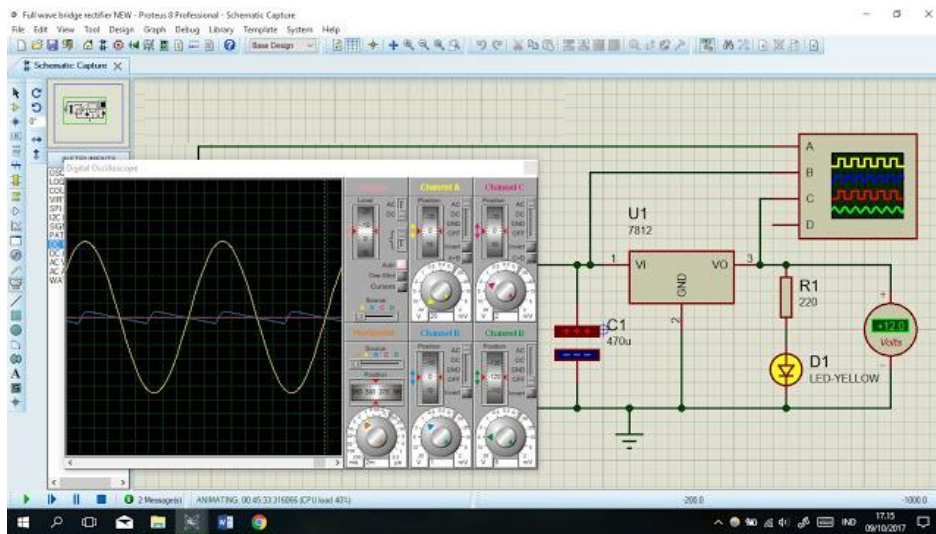
Prinsip kerja dari rangkaian AC to DC (penyearah penuh) dengan 4 diode diatas dimulai pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi forward bias dan D2, D3 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi forward bias dan D1, D2 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4.



Gambar 2.8. Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh

Agar tegangan penyearahan gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang filter kapasitor pada bagian output rangkaian penyearah. Fungsi kapasitor pada rangkaian diatas adalah untuk menekan ripple yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Setelah dipasang filter kapasitor maka output dari rangkaian penyearah gelombang penuh ini akan menjadi tegangan DC.

Tegangan DC yang dihasilkan ternyata masih memiliki ripple, oleh karena itu pada rangkaian penyearah diatas ditambahkan ic regulator 7812. Fungsi dari ic regulator 7812 ialah sebagai penghasil output tegangan 12 volt DC yang sudah di stabilkan, cara pemakaian ialah pin no 1 sebagai input tegangan sebelum di stabilkan /di turunkan, dan bagian tengah di sambungkan kepada ground ataupun massa. sedangkan output no3 di sambungkan kepada output beban. Berikut hasil simulasi rangkaian di software Proteus 8



Gambar 2.9. Menekan ripple

Keterangan :

Grafik A (warna kuning) : tegangan AC PLN (220 volt, 50 Hz)

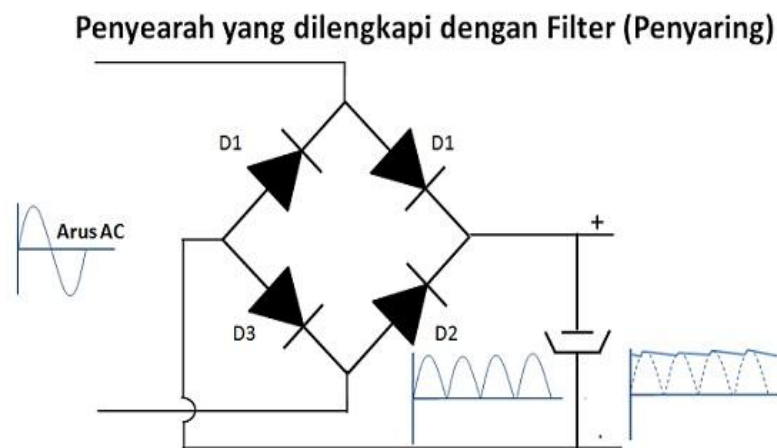
Grafik B (warna biru) : tegangan DC output 4 diode atau bridge (masih terlihat tegangan riplenya)

Grafik C (warna merah) : tegangan DC output IC regulator 7812

Berdasarkan gambar di atas, jika *Transformer* mengeluarkan output sisi sinyal Positif (+), maka D1 dan D2 akan berada dalam kondisi *Forward Bias* sehingga melewati sinyal Positif tersebut sedangkan D3 dan D4 akan menghambat sinyal sisi Negatifnya. Kemudian pada saat Output *Transformer* berubah menjadi sisi sinyal Negatif (-) maka D3 dan D4 akan berada dalam kondisi *Forward Bias* sehingga melewati sinyal sisi Positif (+) tersebut sedangkan D1 dan D2 akan menghambat sinyal Negatifnya. Berikut dibawah ini merupakan rangkaian *rectifier penyearah*

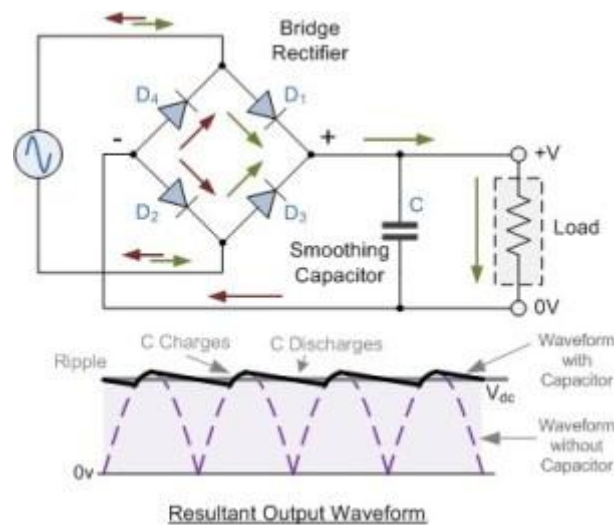
gelombang penuh penyearah gelombang yang dilengkapi dengan kapasitor:

Penyearah Gelombang Penuh dengan menggunakan 4 Dioda adalah jenis *Rectifier penyearah gelombang penuh* yang paling sering digunakan dalam rangkaian *Power Supply*, karena memberikan kinerja yang lebih baik dari jenis Penyearah lainnya. Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda ini juga sering disebut dengan *Bridge Rectifier* atau Penyearah Jembatan.



Gambar 2.10. Penyearah gelombang penuh 4 dioda dengan kapasitor

Tegangan yang dihasilkan oleh *Rectifier* penyearah gelombang penuh belum benar-benar Rata seperti tegangan DC pada umumnya, oleh karena itu diperlukan Kapasitor yang berfungsi sebagai *Filter* (Penyaring) untuk menekan ripple yang terjadi pada proses penyearahan Gelombang AC. Kapasitor yang umum dipakai adalah Kapasitor jenis ELCO (*Electrolyte Capacitor*).



Gambar 2.11. Menekan ripple yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC.

2.9.3.2 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandingan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkain dari rangkaian yang lain, dan untuk menghambat arus searah atau mengalirkan arus bolak-balik. Adapun

rumus untuk menghitung tegangan dan arus pada masing-masing sisi primer dan sekunder yaitu:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Di mana:

N_p = Banyaknya lilitan primer

I_s = Arus pada sisi sekunder

N_s = Banyaknya lilitan sekunder

I_p = Arus pada sisi primer

V_p = Tegangan pada sisi primer

V_s = Tegangan pada sisi sekunder

Trafo catu daya dibedakan menjadi dua, yaitu trafo engkel dan trafo center tab (CT). Pada pembuatan realisasi ini yang digunakan adalah Trafo CT. Trafo CT Adalah trafo yang mempunyai besar keluaran dua atau bebasangan (6 dgn 6). Selain itu trafo ini punya ujung CT.

CT ini digunakan sebagai arus negatif. Selain itu trafo CT keluarannya dapat di paralel (keluarannya dapat digabungkan tapi syaratnya harus pasangannya yaitu 6 dengan 6 atau 12 dengan 12). Inti besi pada trafo sengaja dibuat berkeping-keping, karena dengan bentuk kepingan terdapat rongga udara, ini juga digunakan sebagai pendingin trafo serta untuk mengurangi arus pusar yang menyebabkan rugi-rugi daya.

2.9.3.3 Kapasitor

Kondensator atau sering disebut sebagai kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik, dengan cara

mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Umumnya kapasitor itu dibuat dengan dua Unit lempeng logam yg bersejajar antara satu dengan lainnya, kemudian di antara dua logam tersebut ada bahan isolator yg disebut dengan dielektrik.

Dielektrik adalah bahan yang dapat mempengaruhi nilai dari kapasitansi fungsi kapasitor. Adapun bahan dielektrik yang paling sering di gunakan adalah keramik, kertas, udara, metal film, gelas, vakum dan lain-lain sebagainya. Kapasitas untuk menyimpan kemampuan kapasitor dalam muatan listrik disebut Farad (F) yang diambil dari nama penemu Michael Faraday, sedangkan simbol dari kapasitor adalah C (kapasitor).



Gambar 2.12 Bentuk Kapasitor

Ada 2 jenis kondensator, yang pertama adalah kondensator polar/elektrolit diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung. Sedangkan Kapasitor non-polar dapat dipasang secara bolak-balik pada suatu rangkaian elektronik tanpa memerhatikan kutub-kutubnya. Biasanya berbentuk tablet atau kancing.

Kapasitor juga mempunyai tegangan kerja. Biasanya pada rangkaian DC berkisar dari 3,3V sampai 25V. Jangan menggunakan kapasitor yang tegangan kerjanya lebih rendah dari tegangan kerja yang ditentukan. Lebih baik memilih kapasitor yang tegangan kerjanya 10 - 15 persen lebih besar dari tegangan rangkaian.

2.9.3.4 Dioda (Penyearah)

Dioda adalah jenis komponen pasif. Dioda memiliki dua kaki/kutub yaitu kaki anoda dan kaki katoda. Dioda terbuat dari bahan semi konduktor tipe P dan semi konduktor tipe N yang di sambungkan. Semi konduktor tipe P berfungsi sebagai Anoda dan semi konduktor tipe N berfungsi sebagai katoda. Pada daerah sambungan 2 jenis semi konduktor yang berlawanan ini akan muncul daerah deplesi yang akan membentuk gaya barier. Gaya barier ini dapat ditembus dengan tegangan + sebesar 0.7 Volt yang dinamakan sebagai *break down voltage*, yaitu tegangan minimum di mana dioda akan bersifat sebagai konduktor/penghantar arus listrik.

Prinsip kerja dioda pada umumnya adalah sebagai alat yang terbentuk dari beberapa bahan semikonduktor dengan muatan Anode (P) dan muatan Katode (N) yang biasanya terdiri dari geranium atau silikon yang digabungkan, dan muatan yang bertipe N merupakan bahan dengan kelebihan elektron, dan sebaliknya muatan bertipe P merupakan bahan dengan kekurangan elektron yang dipisahkan oleh depletion layer yang terjadi akibat keseimbangan kedua muatan

tersebut, oleh karena itu dioda tersebut menghasilkan suatu hole yang berfungsi sebagai pembawa tegangan atau muatan sehingga terjadi perpindahan sekaligus pengaliran arus yang terjadi di hole tersebut.



Gambar 2.13 Dioda di pasaran dan simbol Dioda

Dioda bersifat menghantarkan arus listrik hanya pada satu arah saja, yaitu jika kutub anoda kita hubungkan pada tegangan + dan kutub katoda kita hubungkan dengan tegangan – (kita beri bias maju dengan tegangan yang lebih besar dari 0.7 volt) maka akan mengalir arus listrik dari anoda ke katoda (bersifat konduktor). Jika polaritasnya kita balik (kita beri bias mundur) maka arus yang mengalir hampir nol atau dioda akan bersifat sebagai isolator.

2.9.4. Buzzer

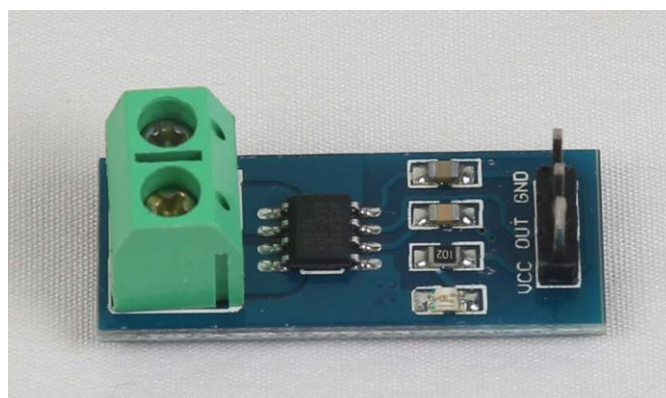


Gambar 2.14 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus, sehingga menjadi elektromagnet.

Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya. Karena kumparan dipasang pada diafragma, maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik dan membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Pada rangkaian alat ini *buzzer* berfungsi sebagai indikator bunyi, bahwa ketika arus seketika tidak mengalir pada rangkaian, maka secara otomatis *buzzer* akan berbunyi.

2.9.5. Sensor Arus



Gambar 2.15. Sensor Arus

Sensor arus yang dipasang di alat ini merupakan sensor arus dengan tipe ACS 712. Sensor arus 5 Ampere ini merupakan modul sensor untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat Blok terminal menggunakan current sensor chip ACS712-5, yang memanfaatkan efek Hall.

Besar arus maksimum yang dapat dideteksi sebesar 5A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara linear mulai dari 2,5 Volt ($\frac{1}{2} \times VCC$, tegangan catu daya $VCC = 5V$) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4,5V pada arus sebesar +5A atau 0,5V pada arus sebesar -5A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0,5V atau di atas 4,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum). Perubahan tingkat tegangan berkorelasi linear terhadap besar arus sebesar 400 mV / Ampere.

Efek Hall adalah fenomena fisika di mana aliran listrik / elektron dalam pelat konduktor terpengaruh oleh paparan medan magnet. Secara sederhana, pemanfaatan efek Hall ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.16. Efek Hall Sensor Arus

Karakteristik ACS712

- Memiliki sinyal analog dengan sinyal-gangguan rendah (*low-noise*)
- Ber-*bandwidth* 80 kHz

- Total output error 1.5% pada $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$
- Memiliki resistansi dalam $1.2\text{ m}\Omega$
- Tegangan sumber operasi tunggal 5.0 V
- Sensitivitas keluaran 66 sd 185 mV/A
- Tegangan keluaran proporsional terhadap arus AC ataupun DC
- Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil
- Hysterisis akibat medan magnet mendekati nol
- Rasio keluaran sesuai tegangan sumber

2.9.6. LCD

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal–alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.

2.9.6.1 Fitur LCD 16 x yang disajikan dalam LCD ini adalah :

- a. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- c. Terdapat karakter generator terprogram.
- d. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- e. Dilengkapi dengan back light.



Gambar 2.17. Bentuk fisik LCD 16x2

2.9.6.2 Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2

Spesifikasi kaki LCD yang di hubungkan dengan arduino dalam laporan

Tugas akhir nantinya adalah:

Tabel 2.3 Potensial Elektroda

PIN	Deskripsi
1	Ground
2	VCC
3	Pengatur kontras
4	“RS” Instruction/Register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable
7-14	Data I/O Pins
15	Vcc
16	Ground

2.9.6.3 Cara Kerja LCD Secara Umum

Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table deskripsi, interface LCD merupakan sebuah parallel bus, Di mana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD.

Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa clock EN setiap nibblenya).

Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroler mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menset EN ke kondisi high “1” dan kemudian menset dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus.

Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada datasheet LCD), dan set EN kembali ke high “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi low “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi high atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar.

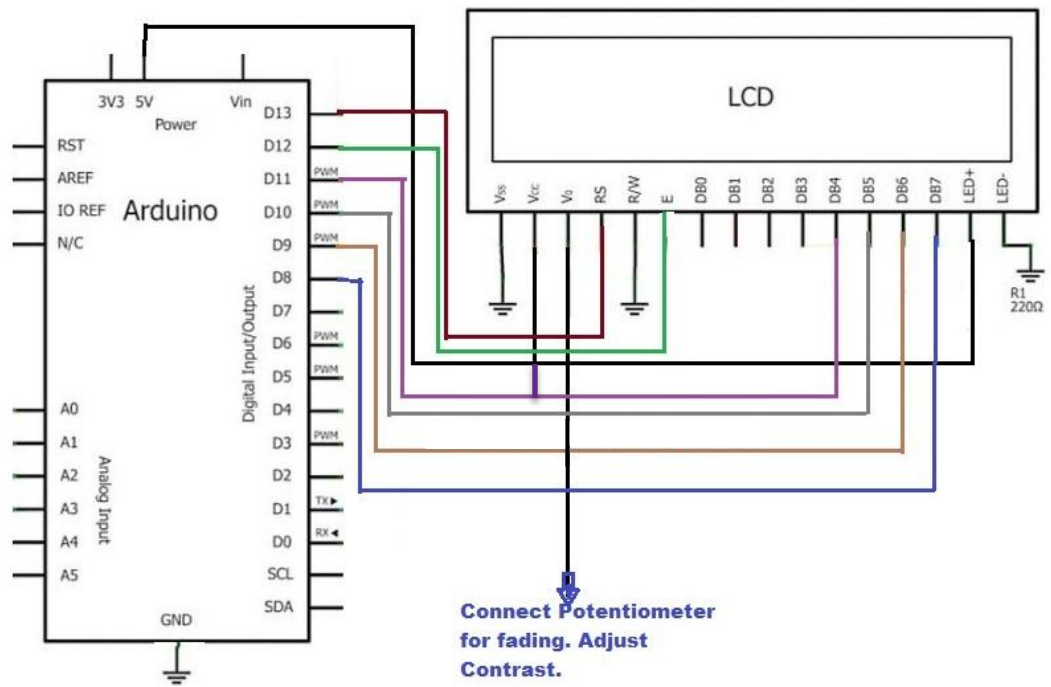
Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus diset ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi low (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi high “1”, maka program akan melakukan query (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get

LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke "0".

Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara parallel baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk membuat sebuah aplikasi interface LCD, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting.

Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroler dan LCD. Jika bit ini di set ($RS = 1$), maka byte pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis.

Jika bit ini di reset ($RS = 0$), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca. untuk gambar skematik LCD 16x2 adalah sebagai berikut:



Gambar 2.18. Bentuk diagram rangkaian LCD 16x2

2.9.7. Sensor Tegangan

2.9.7.1. Modul Sensor Tegangan

Prinsip kerja modul sensor tegangan yaitu didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, dan dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli. Bentuk modul sensor tegangan seperti ditunjukkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 2.19 Modul sensor tegangan

2.9.7.2. Fitur-fitur dan kelebihanannya:

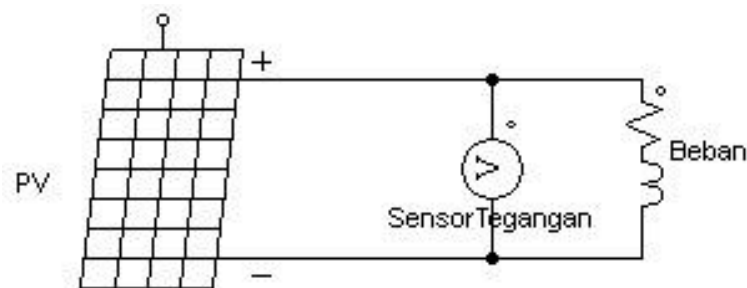
- Variasi Tegangan masukan: DC 0 - 25 V
- Deteksi tegangan dengan jangkauan: DC 0.02445 V - 25 V
- Tegangan resolusi analog: 0,00489 V
- Tegangan DC masukan antarmuka: terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND
- Output Interface: "+" Koneksi 5 / 3.3V, "-" terhubung GND, "s" terhubung Arduino pin A0
- DC antarmuka masukan: red terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND

2.9.7.3. Kalibrasi Modul Sensor Tegangan

Prinsip kerja modul sensor tegangan ini dapat membuat tegangan input mengurangi 5 kali dari tegangan asli. Sehingga, sensor hanya mampu membaca tegangan maksimal 25 V bila diinginkan Arduino analog input dengan tegangan 5 V.. Pada dasarnya pembacaan sensor hanya dirubah dalam bentuk bilangan dari 0 sampai 1023, karena chip Arduino AVR memiliki 10 bit. Jadi resolusi simulasi modul 0,00489 V yaitu dari $(5 \text{ V} / 1023)$, dan tegangan input dari modul ini harus lebih dari $0,00489 \text{ V} \times 5 = 0,02445 \text{ V}$, sehingga dapat dirumuskan seperti berikut :

$$\text{Volt} = ((V_{\text{out}} \times 0.00489) \times 5)$$

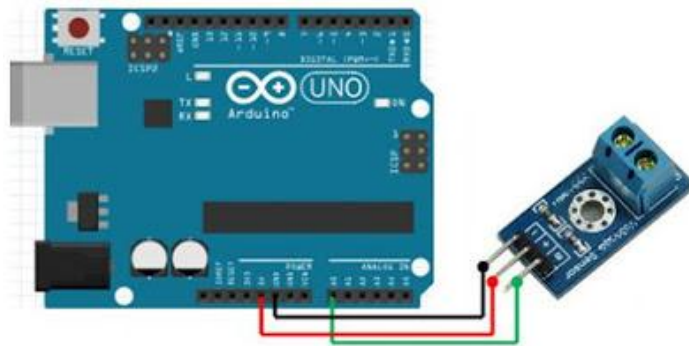
Modul tegangan ini disusun secara parallel terhadap beban. Pada gambar 2 menunjukkan contoh cara mengukur tegangan beban pada panel surya (PV) dengan sensor tegangan yang dihubungkan secara paralel, seperti gambar berikut:



Gambar 2.20 Bentuk rangkaian sensor tegangan untuk mengukur tegangan beban pada Panel Surya

2.9.7.4. Rangkaian koneksi Aduino dengan Sensor Tegangan

Cara merangkai modul sensor tegangan yang dikoneksi dengan arduino yaitu kabel merah dihubungkan dengan sumber tegangan 5V, kabel hitam dihubungkan dengan ground (GND) dan kabel hijau dihubungkan dengan analog read 0 (A0) pada arduino. Untuk lebih jelasnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 2.21 Rangkaian koneksi arduino dengan modul sensor tegangan

2.9.7.5. Source Code Sensor tegangan untuk Arduino

Contoh memprogram Arduino UNO untuk dapat menjalankan sensor tegangan dengan tegangan maksimum 25V. Memasukkan rumus kalibrasinya persamaan, ke dalam program seperti berikut:

```
#include <Wire.h>
int Volt1;
int Volt;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Voltage: ");
}
void loop()
```

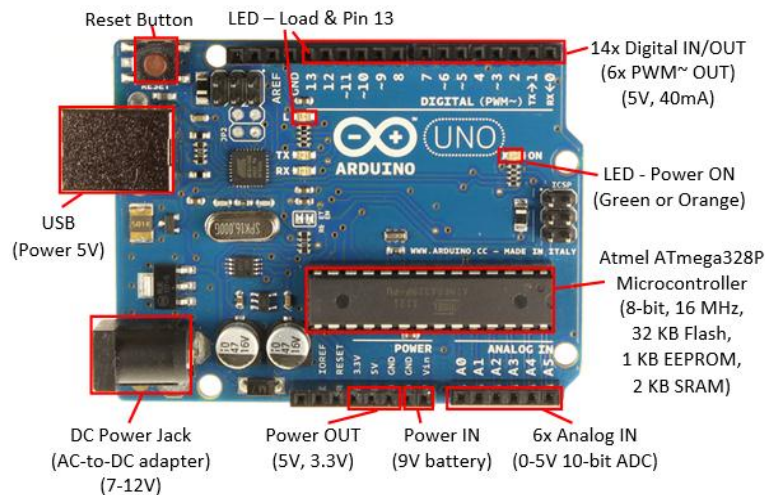
```

{
  Volt1=analogRead(0);
  Volt=((Volt1*0.00489)*5);
  Serial.print(Volt);
  Serial.println("V");
  delay(1000);
}

```

2.9.8. Arduino UNO

Board Arduino UNO mendapatkan sumber arus listrik dari *power* yang diperoleh dari koneksi kabel *USB*, atau *via power supply eksternal*. Pilihan *power* yang digunakan akan dilakukan secara otomatis. External power supply dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau bahkan baterai, melalui jack DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan pin Vin yang ada di *board*.



Gambar 2.22 Gambar Arduino Uno

Arduino Uno berbeda dari semua board Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan chip driver FTDI (*Future Technology Device International*) USB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur

Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari board Arduino UNO mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke ground, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode.

Tabel 2.4 Spesifikasi komponen Arduino UNO

Mikrokontroler	Arduino UNO
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Namun ada beberapa hal yang harus anda perhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan kurang dari 7V, pin 5V tidak akan memberikan nilai murni 5V, yang mungkin akan membuat rangkaian bekerja dengan tidak sempurna. Jika diberi tegangan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa *over heat* yang pada akhirnya bisa merusak *PCB*. Dengan demikian, tegangan yang di rekomendasikan adalah 7V hingga 12V.