

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Setelah melakukan telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang penulis lakukan. Referensi didapat dari beberapa artikel pada *website* di internet menyatakan bahwa pada umumnya, para petani tambak masih menggunakan cara konvensional untuk mengelola penggunaan aerator dalam mengelola tambaknya dengan menyalakannya selama 24 jam penuh.^[3] Disisi lain, pengukuran oksigen terlarut juga masih menggunakan DO (*dissolve oxygen*) meter secara berkala dan manual. Jika hal ini diterapkan pada area budidaya yang memiliki puluhan bahkan ratusan kolam akan menimbulkan biaya operasional dan perawatan yang cukup tinggi serta sumber daya manusia yang cukup banyak dan terampil dalam mengelola air budidaya.

Dari referensi diatas dapat diambil intisari bahwa dalam pengelolaan oksigen terlarut pada tambak udang masih dilakukan secara manual. Untuk itu dibuat alat yang dapat mengelola oksigen terlarut dan menjaga kestabilannya. Alat ini akan menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai kontrol dari sensor yang menggerakkan aerator serta untuk penghubung antara sensor dengan HMI (*human machine interface*) untuk menampilkan nilai oksigen terlarut serta tampilan kondisi aerator. Proses dari pembacaan sensor sampai berputarnya aerator dapat dilihat melalui HMI.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Stator terbuat dari besi bundar berlaminasi dan mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan kumparan. Rotor adalah bagian dari mesin yang berputar bebas dan letaknya di bagian dalam. Rotor terbuat dari besi laminasi yang mempunyai slot dengan batang aluminium / tembaga yang terhubung singkat pada ujungnya. Motor induksi merupakan salah satu mesin asinkronous (*asynchronous motor*) karena mesin ini beroperasi pada kecepatan di bawah kecepatan sinkron.^[4]



Gambar 2-1 Motor Induksi Tiga Fasa

Kecepatan sinkron ini dipengaruhi oleh frekuensi mesin dan banyaknya kutub pada mesin. Motor induksi selalu berputar dibawah kecepatan sinkron karena medan magnet yang terbangkitkan pada stator akan menghasilkan fluks pada rotor sehingga rotor tersebut dapat berputar.^[4]

Namun fluks yang terbangkitkan pada rotor mengalami *lagging* dibandingkan fluks yang terbangkitkan pada stator sehingga kecepatan rotor tidak

akan secepat kecepatan putaran medan magnet.^[4]

Motor AC 3 phase bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa sumber untuk menimbulkan gaya putar pada rotornya. Apabila sumber tegangan 3 fase dipasang pada kumparan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan seperti rumus berikut :

$$N_s = 120 f/p \dots \dots \dots (1)$$

dimana N_s merupakan Kecepatan medan putar, f yaitu Frekuensi Sumber.

dan P adalah Kutub motor.

Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada batang konduktor dari rotor akan timbul GGL induksi. Karena batang konduktor merupakan rangkaian yang tertutup maka GGL akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. GGL induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).^[4]

2.2.1.1 Bagian – Bagian Motor Induksi 3 Fasa

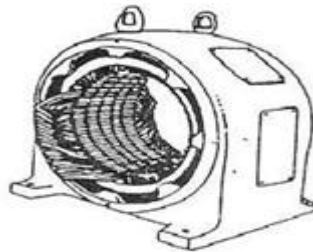
Secara umum motor induksi terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedangkan stator yang diam. Diantara stator dengan rotor ada celah udara (*gap*) yang jaraknya sangat kecil.^[5]

Komponen stator adalah bagian terluar dari motor yang merupakan bagian

yang diam dan mengalirkan arus fasa. Stator terdiri dari susunan laminasi inti yang memiliki alur (*slot*) yang menjadi tempat kedudukan kumparan yang dililitkan dan berbentuk silindris. ^[5]

Motor induksi memiliki dua komponen yang utama, kedua komponen tersebut adalah :

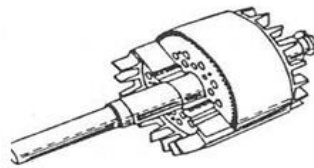
1. Stator, merupakan suatu bagian dari motor yang diam. Stator terdiri dari tiga buah kumparan, ujung-ujung belitan kumparan dihubungkan melalui terminal untuk memudahkan penyambungan dengan sumber tegangan. Masing-masing kumparan memiliki kutub. Banyaknya kutub tersebut mempengaruhi kecepatan motor induksi. ^[5]



Gambar 2-2 Stator

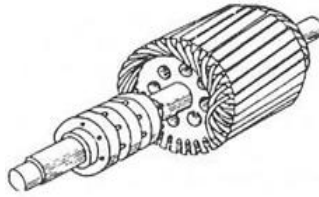
2. Rotor, merupakan bagian dari motor yang bergerak. Rotor dapat dikategorikan menjadi dua kategori yaitu :
 - a. Rotor Sangkar, motor induksi jenis rotor sangkar lebih banyak digunakan daripada jenis rotor lilit, sebab rotor sangkar mempunyai bentuk yang sederhana. Belitan rotor terdiri atas batang-batang penghantar yang ditempatkan di dalam alur rotor. Batang penghantar ini terbuat dari tembaga, *alloy* atau aluminium. Ujung-ujung batang penghantar dihubungkan oleh cincin penghubung

singkat, sehingga berbentuk sangkar tupai. Motor induksi yang menggunakan rotor ini disebut motor induksi rotor sangkar. Karena batang penghantar rotor yang telah dihubung singkat, maka tidak dibutuhkan tahanan luar yang dihubungkan seri dengan rangkaian rotor pada saat awal berputar. Alur-alur rotor biasanya tidak dihubungkan sejajar dengan sumbu tetapi sedikit miring.^[5]



Gambar 2-3 Rotor Sangkar

- b. Rotor Lilit, rotor lilit terdiri atas belitan fasa banyak, belitan ini dimasukkan ke dalam alur-alur inti rotor. Belitan ini sama dengan belitan dan stator, tetapi belitan selalu dihubungkan secara bintang. Tiga buah ujung-ujung belitan dihubungkan ke terminal-terminal sikat/cincin seret yang terletak pada poros rotor. Pada jenis rotor lilit dapat mengatur kecepatan motor dengan cara mengatur tahanan belitan rotor tersebut. Pada keadaan kerja normal sikat karbon yang berhubungan dengan cincin seret tadi dihubung singkat. Motor induksi rotor lilit dikenal dengan sebutan Motor Induksi *Slipring* atau Motor Induksi Rotor Lilit.^[5]



Gambar 2-4 Rotor Lilit

2.2.2.2 Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Ada beberapa prinsip kerja motor induksi :

1. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan medan (stator), timbulah medan putar dengan kecepatan, $n_s = \frac{120f}{p}$,^[4] seperti pada persamaan (1)
2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.^[4]
3. Akibatnya pada kumparan jangkar (rotor) timbul tegangan induksi (ggl)
4. E_{2s} adalah tegangan induksi pada saat rotor berputar karena kumparan jangkar merupakan rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I). Adanya arus di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.^[4]
5. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel poros, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.^[4]
6. Seperti telah dijelaskan pada poin 3 bahwa tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator.

Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).^[4]

7. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut *slip*.^[4]
8. Bila $n_r = n_s$ tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila n_r lebih kecil dari n_s .^[4]
9. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau *asinkron*.^[5]

Pada alat ini, penulis membuat aerator berupa *prototype* yang didesain menyerupai aerator tambak konvensional yang sesungguhnya yang menggunakan kincir berbentuk kipas / *impeller* yang dikopel dengan motor 3 phase sebagai penggerakannya.

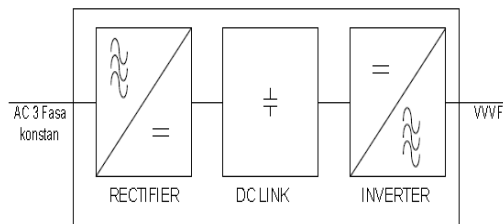
2.2.2. Variable Speed Drive (VSD)

Variable speed drive atau variabel frekuensi drive adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik (AC) dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dipasok ke motor. *Variable frequency drive* semakin populer karena kemampuannya untuk mengontrol kecepatan motor induksi. VSD mengontrol kecepatan motor induksi dengan mengubah frekuensi dari grid untuk nilai disesuaikan pada sisi mesin sehingga memungkinkan motor listrik dengan cepat dan mudah menyesuaikan kecepatan dengan nilai yang diinginkan. Dua fungsi utama dari *variable frequency drive* adalah untuk melakukan konversi listrik dari satu frekuensi ke yang lain, dan untuk mengontrol frekuensi keluaran. Aplikasi

VSD digunakan dari mulai peralatan kecil sampai peralatan besar, yaitu pengaturan pabrik tambang, kompresor dan sistem ventilasi untuk bangunan besar. Selain itu VSD juga digunakan pada pompa, konveyor dan alat pengendali mesin. Penggunaan variabel frekuensi drive pada motor dapat menghemat energi sehingga mengurangi biaya listrik.^[6]

2.2.2.1 Prinsip Kerja *Variable Speed Drive*

Prinsip kerja dari *variable speed drive* yang sederhana adalah sebagai berikut:



Gambar 2-5 Blok Diagram *Variable Speed Drive* 3 fasa

Gambar 2-5 merupakan blok diagram yang menunjukkan cara kerja *variabel speed drive*.^[6]

- 1) Tegangan yang masuk dari jala- jala 220/380 volt dan frekuensi 50 hz merupakan tegangan arus bolak- balik (AC) dengan nilai tegangan dan frekuensi yang konstan. Kemudian dialirkan ke board *Rectifier*/penyearah DC. Jadi dari AC di jadikan DC. Jika penyearah yang digunakan adalah penyearah terkendali, maka tegangan DC nya bisa diatur (variabel).^[6]
- 2) Untuk memurnikan tegangan DC, maka tegangan dimasukkan ke *DC link*.^[6]

- 3) Tegangan DC kemudian diumpankan ke rangkaian inverter untuk dijadikan AC kembali dengan frekuensi sesuai kebutuhan. Jadi dari tegangan DC diubah kembali ke tegangan AC 3 fasa. komponen *switching*-nya adalah semikonduktor aktif seperti IGBT atau mosfet.^[6]

2.2.3. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut atau DO (Dissolve Oxygen) adalah salah satu tolak ukur untuk mengetahui kualitas air. Semakin besar nilai DO, menunjukkan kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen di kolam atau tambak tidak diperhatikan, ikan atau udang yang dipelihara di tambak bisa mengalami kematian massal.^[2]

Oksigen terlarut umumnya berasal dari difusi udara melalui permukaan air, aliran air masuk, air hujan dan hasil dari proses fotosintesis plankton atau tumbuhan air. Oksigen terlarut merupakan parameter penting karena dapat digunakan untuk mengetahui gerakan massa air serta merupakan indikator yang peka bagi proses – proses kimia dan biologi. Kadar oksigen yang terlarut bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian dan musiman, tergantung pada pencampuran dan pergerakan massa air, aktifitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air. Selain itu, kelarutan oksigen dan gas – gas lain berkurang dengan meningkatnya salinitas sehingga kadar oksigen di laut cenderung lebih rendah daripada kadar oksigen di perairan tawar.^[7]

Para ilmuwan umumnya sepakat bahwa hewan air perlu oksigen terlarut dengan konsentrasi 5 mg/L atau lebih untuk bisa hidup dan berkembang. Namun,

jumlah kebutuhan oksigen dapat berbeda – beda juga bervariasi tergantung pada seberapa besar atau kompleks hewan tersebut dan dimana dia hidup.^[2]

Perbedaan konsentrasi oksigen terlarut tertinggi terdapat pada perairan yang mempunyai kepadatan planktonnya tinggi dan sebaliknya. Sebagian besar wilayah perairan yang memiliki kadar oksigen rendah disebabkan oleh berbagai factor yang kompleks dari factor alam sampai buatan manusia.^[2]

2.2.4. Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara atau oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung – gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air limbah, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik, dalam melakukan proses aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut dalam air, kemudian yang menjadi tugas utama aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara.^[8]

Pada alat ini penulis menggunakan dua cara aerasi yaitu yang pertama dengan menyemprotkan air ke udara (menghamburkan air) dengan prototype aerator yang terbuat dari kincir dan motor induksi 3 phase. Yang kedua dengan memberikan gelembung – gelembung udara dan membiarkannya naik melalui udara dengan menggunakan aerator kecil yang biasa digunakan pada akuarium.

2.2.5. Aerator

Aerator adalah alat untuk membantu melarutkan oksigen yang ada di udara ke dalam air atau akuarium. Prinsip kerja alat ini adalah membuat permukaan air sebanyak mungkin bersentuhan dengan udara. Tujuannya adalah agar kandungan oksigen dalam air itu cukup dan gas serta kotoran yang biasanya menimbulkan busuk dapat terusir dari air.^[9]

Aerator bertenaga listrik banyak digunakan pada akuarium hiasan dirumah – rumah. Aerator ini membuat gelembung – gelembung udara dalam air. Besar kecilnya gelembung udara dapat diatur. Gelembung udara itu menyebabkan permukaan air yang bersentuhan dengan udara menjadi lebih luas. Waktu gelembung untuk menyerap oksigen dari udara juga menjadi bertambah.^[9]



Gambar 2-6 Aerator akuarium

Aerator yang berukuran lebih besar dapat berupa alat penyembur air ke udara. Alat ini biasanya dipasang di kolam ikan ukuran sedang di taman – taman. Selain fungsinya sebagai penambah oksigen dalam air, ia pun berguna memperindah pemandangan.^[9]

Di tambak – tambak dan kolam ikan yang lebih luas lebih sering digunakan aerator tenaga angin. Dengan tenaga dari sebuah kincir angin, alat itu perbutar tegak (vertikal) menghambur – hamburkan air ke udara. Aerator kincir angin inilah

yang paling menghemat dibandingkan yang lain.^[9] Selain menggunakan tenaga angin, penggunaan motor listrik juga dipakai pada aerator di tambak, hal ini dikarenakan ketiadaan angin yang cukup besar untuk memutar kincir sehingga pemakaian motor listrik untuk pemutaran kincir aerator diperlukan agar proses aerasi menjadi lebih baik dan hamburan air menjadi lebih banyak.

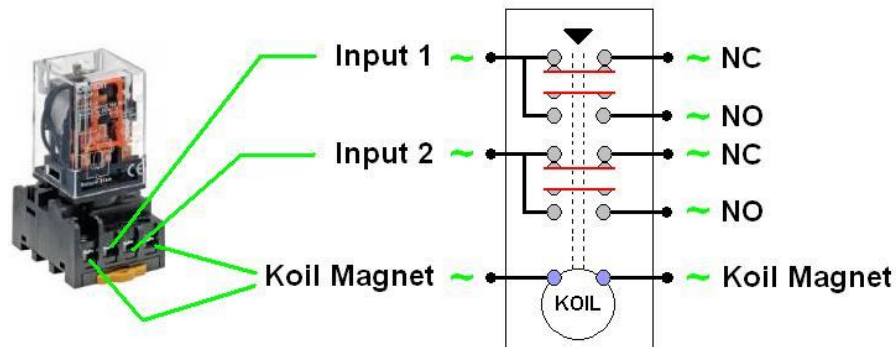


Gambar 2-7 Aerator kincir pada tambak

Pada alat ini, penulis memakai dua jenis aerator. Yang pertama adalah sebuah *prototype* aerator kincir yang terangkai dari motor 3 phase yang dikopel dengan kincir yang biasanya terpasang pada tambak. Yang kedua adalah aerator kecil yang biasanya dipakai pada akuarium untuk menambah oksigen pada air akuarium. Penggunaan dua jenis aerator ini bertujuan agar perubahan oksigen pada alat tugas akhir ini lebih memperjelas pembacaan sensor DO.

2.2.6. Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). Bentuk fisik dan simbol *relay* ditunjukkan pada gambar 2-8.



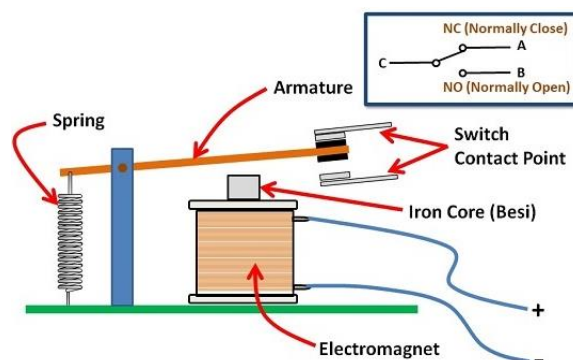
Gambar 2-8 Relay 8 Kaki

Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan elektromagnet 5 Volt dan 50 mA mampu menggerakkan *armature relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.^[10]

Pada dasarnya, *relay* terdiri dari empat komponen dasar, yaitu :

1. Electromagnet (*coil*)
2. *Armature*
3. *Switch contact point* (saklar)
4. *Spring*

Berikut ini gambar 2-9 merupakan bagian-bagian *relay* :



Gambar 2-9 Struktur Relay SPDT

Prinsip kerja *relay* berdasarkan gambar , sebuah besi (*iron core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *coil* yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi open atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *armature* akan kembali lagi ke posisi awal (NC). *Coil* yang membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.^[10]

Kontak poin (*contact point*) *relay* terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. *Normally close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close* (tertutup)^[11]
2. *Normally open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka).^[11]

Kontak *normally open* (NO) akan membuka ketika tidak ada arus yang mengalir pada kumparan, tetapi tertutup secepatnya setelah kumparan menghantarkan arus atau diberi tenaga. *Relay* pada saat kontak *normally open* terlihat pada gambar.^[11]

Pada saat kontak *normally close* akan tertutup apabila kumparan tidak diberi daya dan membuka ketika kumparan diberi daya. *Relay* pada saat kontak *normally close* terlihat pada gambar.^[11]

Apabila kumparan diberi daya, terjadi medan elektromagnetis. Aksi dari medan pada gilirannya menyebabkan *plunger* bergerak pada kumparan menentuk

kontak NO dan membuka kontak NC. Beberapa fungsi *relay* yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan elektronika diantaranya adalah:

1. *Relay* digunakan untuk menjalankan fungsi logika (*logic function*)^[11]
2. *Relay* digunakan untuk memberikan fungsi penundaan waktu (*time delay function*)^[11]
3. *Relay* digunakan untuk mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari signal tegangan rendah^[11]

Ada juga *relay* yang berfungsi untuk melindungi motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan tegangan ataupun hubung singkat (*short*).^[11]

2.2.7. Programmable Logic Controller (PLC)

PLC yaitu kendali logika terprogram merupakan suatu piranti elektronik yang dirancang untuk dapat beroperasi secara digital dengan menggunakan memori sebagai media penyimpanan instruksi – instruksi internal untuk menjalankan fungsi – fungsi logika, seperti fungsi pencacah, fungsi urutan proses, fungsi pewaktu, fungsi aritmatika, dan fungsi yang lain dengan cara memprogramnya. Di dalam PLC berisi rangkaian elektronika yang dapat difungsikan seperti *contact relay* (baik NO maupun NC) pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk semua intruksi dasar selain intruksi *output*. Adapun *datasheet* untuk PLC (*Programmable logic Control*) TM221CE16R adalah sebagai berikut :^[11]

Tabel 2-1 Datasheet PLC TM221CE16R

MAIN	
<i>Range of product</i>	Modicon M221
<i>Product or component type</i>	<i>Logic controller</i>
<i>supply voltage</i>	100...240 V AC
<i>Discrete input</i>	9 discrete input
<i>Analog input</i>	2 at input range: 0...10 V
<i>Discrete output number</i>	7 relay
<i>Discrete output voltage</i>	5...125 V DC 5...250 V AC
<i>Discrete output current</i>	2 A
<i>Discrete output type</i>	<i>Relay normally open</i>
COMPLEMENTARY	
<i>Discrete I/O number</i>	16
<i>Number of I/O expansion module</i>	≤ 4 for transistor output ≤ 4 for relay output
<i>Supply voltage limits</i>	85...264 V
<i>Network frequency</i>	50/60 Hz
<i>Inrush current</i>	≤ 40 A
<i>Discrete input voltage</i>	24 V
<i>Discrete input voltage type</i>	DC
<i>Analogue input resolution</i>	10 bit

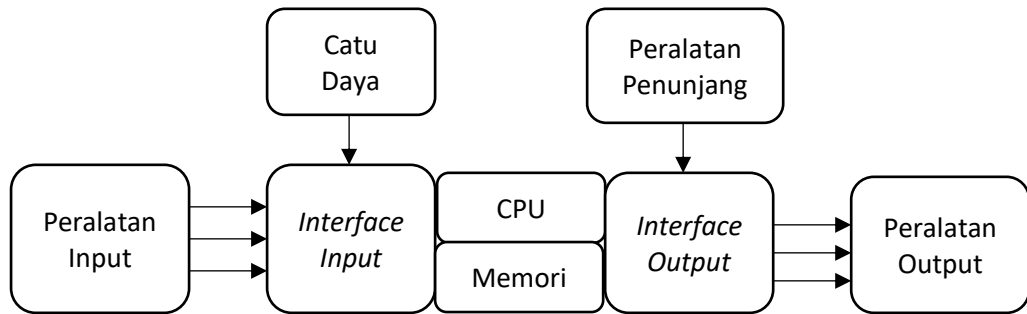
<i>LSB value</i>	10 mV
<i>Discrete input logic</i>	<i>Sink or source (positive/negative)</i>
<i>Conversion time</i>	<i>1 ms per channel + 1 controller cycle time for analog input</i>
<i>Permitted overload on inputs</i>	<i>+/- 30 V DC for analog input with 5 min maximum +/- 13 V DC for analog input permanent</i>



Gambar 2-10 PLC Schneider TM221CE16R

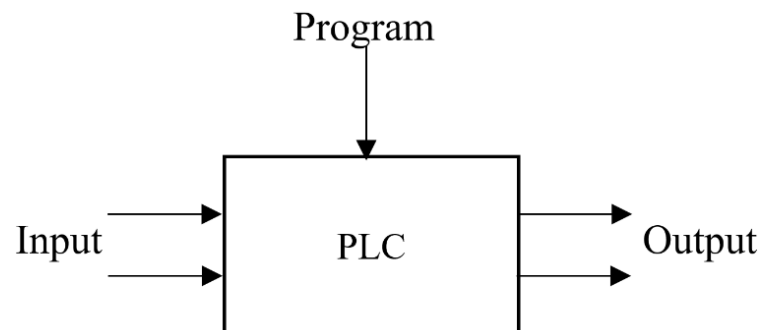
2.2.7.1. Dasar PLC

PLC sendiri telah banyak digunakan di industri pada saat sekarang ini. tidak seperti layaknya komputer biasa, PLC diciptakan dengan memiliki I/O yang dapat dihubungkan dengan sensor dan aktuator sebagai pemicu pada proses kontrol, seperti yang ditunjukkan pada gambar (2-11). Proses otomatisasi pada PLC dapat diprogram sesuai dengan keinginan programmer.^[12]



Gambar 2-11 Diagram Blok (PLC)

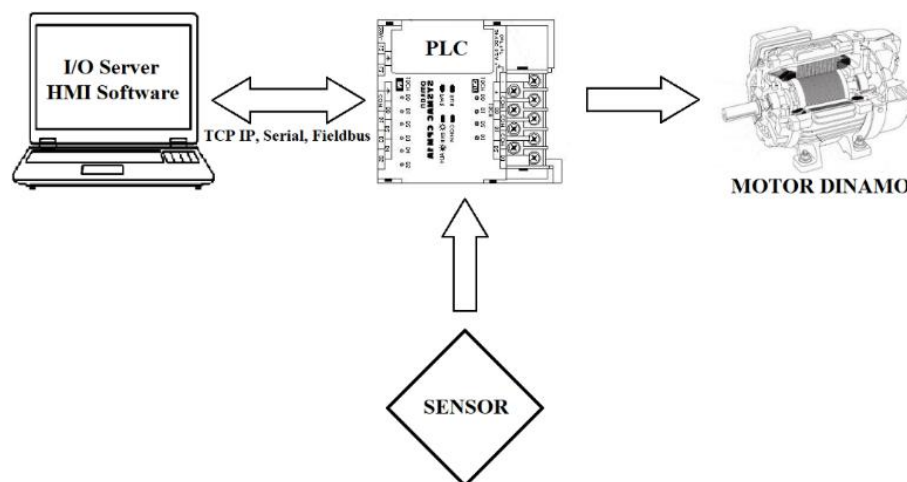
Dasar PLC itu sendiri adalah sebuah CPU (*Central Processing Unit*) yang merupakan pusat control dari sebuah PLC, elemen-elemen input/output (I/O) yang terhubung akan diolah CPU berdasarkan program PLC yang telah dirancang, jenis input *device* terdiri dari bermacam-macam *field device*, seperti: sensor tinggi dan sensor suhu. Sedangkan untuk output *device* seperti: pompa air, pemanas air, dan *relay*. Input *device* terbagi dengan dua jenis data tipe, yaitu digital input dan analog input. Begitu halnya juga dengan output *device* yang juga terbagi atas dua jenis data tipe yaitu digital output dan analog output. Berikut gambar (2-12) merupakan sebuah pengontrol logika terprogram.^[12]



Gambar 2-12 Sebuah Blok Pengontrol Logika Terprogram

Dalam pemrogramannya pada umumnya PLC mengarah kepada standar yang diciptakan oleh produsen PLC masing-masing, namun tersedia juga pilihan

pengoperasian berdasarkan standar dari IEC (*International Electrotechnical Commission*) yang merupakan suatu ornop standarisasi internasional untuk semua teknologi elektrik, elektronika, dan teknologi lain yang terkait secara kolektif atau dikenal dengan elektro teknologi. Sehingga jika seorang pengguna PLC dihadapkan dengan masalah banyaknya tipe dari PLC maka pengguna dapat berpedoman pada standar pengoperasian yang telah ditetapkan oleh IEC. Dikarenakan banyaknya ragam dan merk PLC yang berbeda-beda, protokol ini disebut sebagai I/O Server. Tentunya tiap-tiap perusahaan produsen dan pengembang PLC mempunyai aturan-aturan mereka masing masing, oleh karena itu *InTouch* juga memiliki banyak macam jenis protokol yang bisa digunakan untuk media komunikasi antara kedua device. Gambar (2-13) merupakan skema umum komunikasi PC-PLC.^[12]



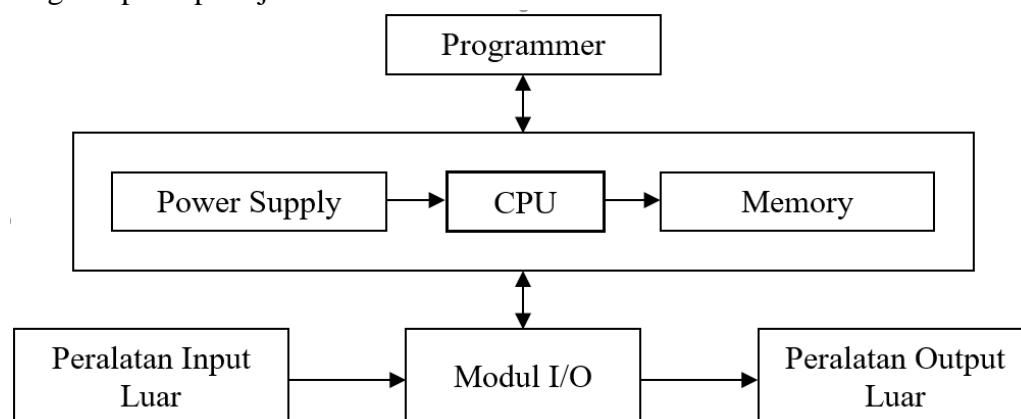
Gambar 2-13 Keberadaan I/O Server pada Sistem Komunikasi PC-PLC

Programmable Logic Controllers (PLC) memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam. Definisi *Programmable Logic Controller* menurut Capiel (1982) adalah: sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didisain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal

instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog.^[12]

2.2.7.2. Prinsip Kerja PLC

Data-data berupa sinyal dari peralatan input luar (*external input device*) diterima oleh sebuah PLC dari sistem yang dikontrol. Peralatan input luar tersebut antara lain berupa saklar, tombol, sensor, dan lain-lain. Data-data masukan yang masih berupa sinyal analog akan diubah oleh modul input A/D (*analog to digital input module*) menjadi sinyal digital. Selanjutnya oleh unit prosesor sentral atau CPU yang ada di dalam PLC sinyal digital dan disimpan di dalam ingatan (*Memory*). Keputusan diambil CPU dan perintah yang diperoleh diberikan melalui modul output D/A (*digital to analog output module*) sinyal digital itu bila perlu diubah kembali menjadi menggerakkan peralatan output luar (*external output device*) dari sistem yang dikontrol seperti antara lain berupa kontaktor, *relay*, pompa, pemanas air dimana nantinya dapat untuk mengoperasikan secara otomatis sistem proses kerja yang dikontrol tersebut.^[12] Pada gambar 2-14 ditunjukkan diagram prinsip kerja dari sebuah PLC:



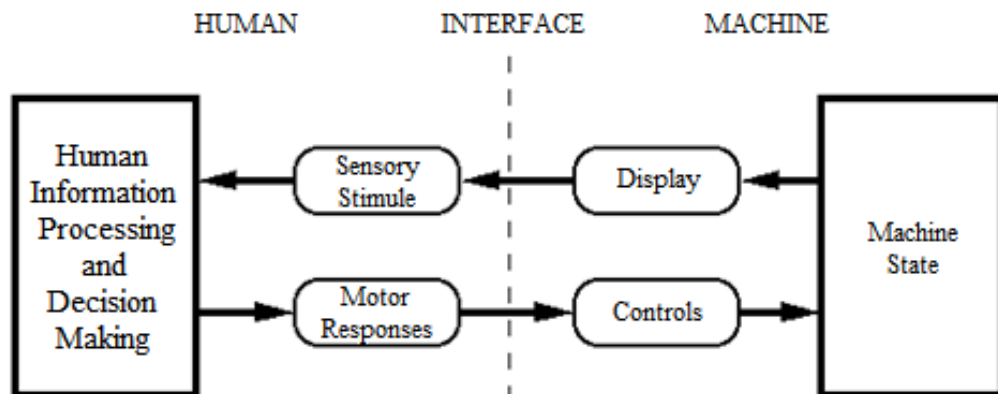
Gambar 2-14 Diagram Prinsip Kerja PLC

2.2.8. Human Machine Interface (HMI)

Human Machine Interface (HMI) merupakan media komunikasi antara manusia dan mesin dari suatu sistem. HMI membantu operator secara lebih dekat untuk mengontrol suatu *plan* sistem dan operasi PLC pada setiap tahap pengoperasian *plan* sebagai basis proses visualisasi sistem yang menghubungkan semua komponen dalam sistem dengan baik. Dengan menggunakan HMI sebagai *console* operator, operator bisa menyajikan berbagai macam analisa grafis, *hystorical information, database, data login* untuk keamanan, dan animasi ke dalam bentuk *software*.^[12]

2.2.8.1. Vijeo Designer

Dalam dunia industri HMI menyajikan data yang diperlukan oleh operator untuk memonitor operasi peralatan dan lain sebagainya. Untuk membuat sebuah *project* di HMI digunakan *software* Vijeo Designer yang telah dikembangkan oleh *Schneider Electronic Industries (SAS)*. Kita dapat menjalankan Vijeo Designer di bermacam computer dan *platform* dan bermacam target, tergantung kebutuhan. Dengan vijeo designer kita dapat menciptakan tampilan layar dengan beberapa fungsi grafik dan animasi yang cocok dengan permintaan dari yang paling sederhana hingga yang paling kompleks dan dengan semua fasilitas yang terdapat pada Vijeo Designer, akan meminimalisir kebutuhan untuk *programming*.^[12]



Gambar 2-15 Prinsip Kerja HMI

2.2.8.2 Fungsi HMI

1. Memberikan informasi plant yang *up-to-date* kepada operator melalui *graphical user interface*.^[12]
2. Menerjemahkan instruksi operator ke mesin.^[12]
3. Memonitor keadaan yang ada di *plant*.^[12]
4. Mengatur nilai pada parameter yang ada di *plant*.^[12]
5. Mengambil tindakan yang sesuai dengan keadaan yang terjadi.^[12]
6. Memunculkan tanda peringatan dengan menggunakan alarm jika terjadi sesuatu yang tidak normal.^[12]
7. Menampilkan pola data kejadian yang ada di *plant* baik secara *real time* maupun *historical* (*Trending history* atau *real time*)^[12]

2.2.9. Operational Amplifier (Penguat Operasional)

Penguat Operational (*Operational Amplifier*) atau cukup disingkat op-amp, adalah sebuah penguat dengan hubungan langsung yang dipakai untuk banyak aplikasi penguatan. Sebuah *operational amplifier* biasanya sudah dalam bentuk IC, *integrated circuit*.^[13]

Penguat operational tersusun dari beberapa rangkaian penguat yang

menggunakan transistor atau FET. Biasanya membuat penguat dari op-amp lebih mudah dibandingkan membuat penguat dari transistor karena tidak memerlukan perhitungan titik kerja dan bias.^[13]

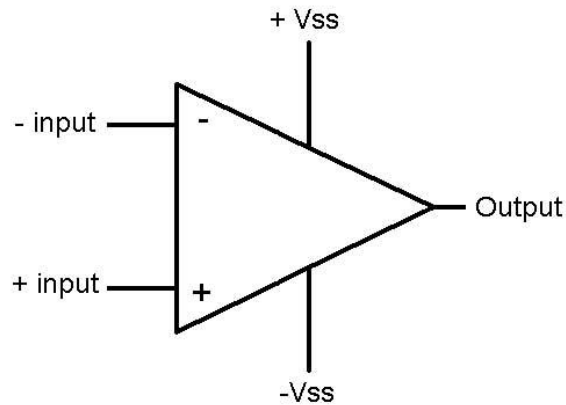
Bagian-bagian dalam operational amplifier antara lain ialah.

- 1) Penguat *Differential*, yaitu merupakan bagian input dari *operational amplifier*, yang mana penguat *differential* terdiri dari dua input yakni input *non-inverting* dan input *inverting*^[13]
- 2) Penguat Penyangga (*Buffer*), yaitu penguat penyangga output *signal* dari penguat *differential* agar siap untuk dimasukkan ke penguat akhir *operational amplifier*^[13]
- 3) Pengatur Bias, yaitu rangkaian pengatur bias dari penguat *differential* dan *buffer* agar diperoleh menjadi stabil titik nol pada output penguat akhir^[13]
- 4) Penguat Akhir, yaitu penguat yang merupakan bagian output dari *operational amplifier*^[13]

Adapun karakteristik dan kelebihan *operational amplifier* ialah.

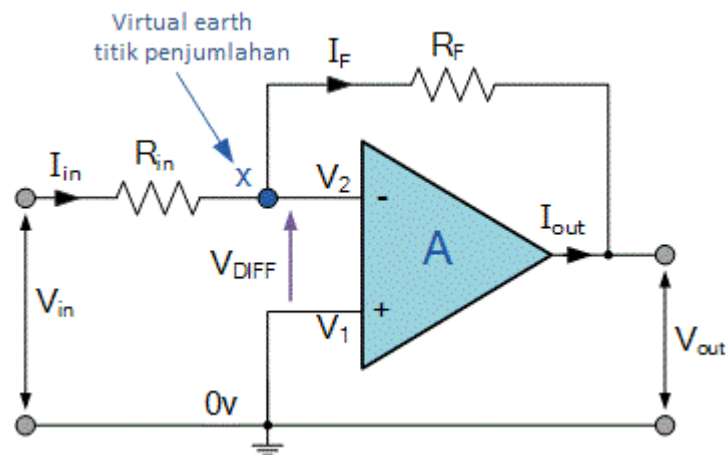
- 1) Impedansi input yang tinggi sehingga tidak membebani penguat sebelumnya^[13]
- 2) Impedansi output yang rendah sehingga tetap stabil walau dibebani oleh rangkaian selanjutnya^[13]
- 3) Lebar pita (*bandwidth*) yang lebar sehingga dapat dipakai pada semua jalur frekuensi audio yakni *woofer*, *middle*, dan *tweeter*^[13]

- 4) Adanya fasilitas *offset null* sehingga memudahkan pengaturan bias penguat agar tepat di titik tengah dari signal^[13]



Gambar 2-16 Penguat Op-Amp

2.2.9.1 Inverting Op-Amp (Penguat Pembalik)



Gambar 2-17 Penguat *Inverting*

Dalam rangkaian penguat *inverting* ini penguat operasional dihubungkan dengan umpan balik untuk menghasilkan operasi loop tertutup. Ketika berhadapan dengan penguat operasional, ada dua peraturan yang sangat penting untuk diingat tentang penguat *inverting*, yaitu: “Tidak ada arus yang masuk ke terminal input” dan “V1 selalu sama dengan V2”. Namun, di rangkaian op-amp pada kenyataannya, kedua peraturan ini sedikit menyimpang.^[14]

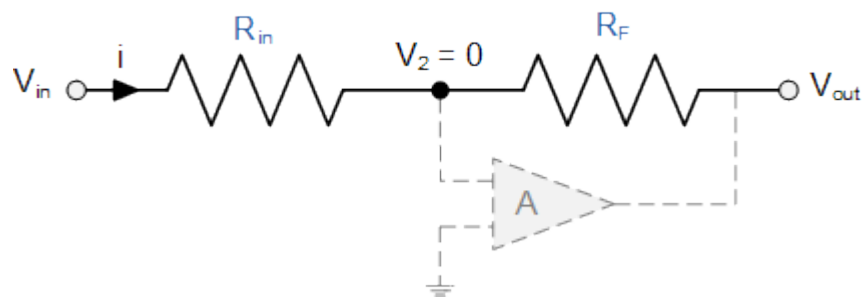
Hal ini karena persimpangan sinyal input dan umpan balik berada pada potensial dengan input positif (+) yang berada pada nol volt atau *ground*. Karena simpul persimpangan ini, resistansi input penguat sama dengan nilai resistor input, R_{in} dan *gain loop* tertutup dari penguat *inverting* dapat diatur oleh rasio dari dua resistor eksternal. ^[14]

Dari paragraph diatas, ada dua poin penting yang harus diingat bahwa:

1. tidak ada aliran arus ke terminal input
2. diferensial tegangan input adalah nol sebagai $V_1 = V_2 = 0$

Kemudian dengan menggunakan kedua aturan ini, kita dapat memperoleh persamaan untuk menghitung *gain loop* tertutup dari penguat *inverting*, dengan menggunakan prinsip pertama. ^[14]

Arus (I) mengalir melalui jaringan resistor seperti yang ditunjukkan



Gambar 2-18 Contoh rangkaian inverting op-amp

$$I = \frac{V_{in} - V_{out}}{R_{in} + R_f} \dots \dots \dots (2)$$

Karena itu,

$$I = \frac{V_{in} - V_2}{R_{in}} = \frac{V_2 - V_{out}}{R_f} \dots \dots \dots (3)$$

Jadi,

$$\frac{V_{in}}{R_{in}} = V_2 \left[\frac{1}{R_{in}} + \frac{1}{R_f} \right] - \frac{V_{out}}{R_f} \dots\dots\dots(4)$$

Dan sebagai,

$$I = \frac{V_{in}-0}{R_{in}} = \frac{0-V_{out}}{R_f}, \frac{R_f}{R_{in}} = \frac{0-V_{out}}{V_{in}-0} \dots\dots\dots(5)$$

Gain loop tertutup (A_v) diberikan sebagai,

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R_f}{R_{in}} \dots\dots\dots(6)$$

Kemudian, gain tegangan loop-tertutup dari penguat *inverting* diberikan sebagai:

$$Gain (A_v) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R_f}{R_{in}} \dots\dots\dots(7)$$

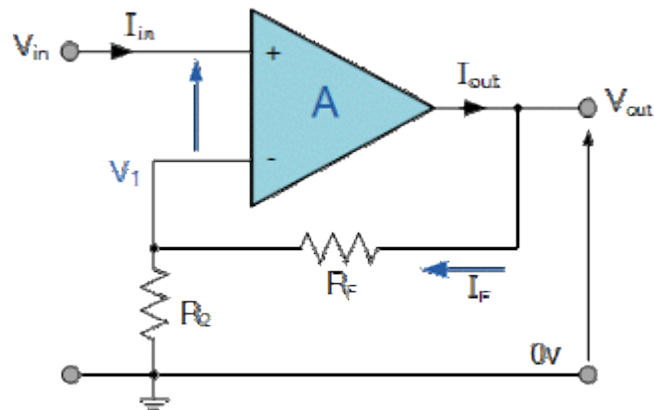
Dan ini dapat ditampilkan untuk memberi V_{out} sebagai:

$$V_{out} = \frac{-R_f}{R_{in}} x V_{in} \dots\dots\dots(8)$$

Tanda negatif dalam persamaan tersebut mengindikasikan adanya pembalikan sinyal output berkenaan dengan input karena 180° diuar fase. Hal ini disebabkan adanya umpan balik yang bernilai negatif. ^[14]

Persamaan untuk tegangan output V_{out} juga menunjukkan bahwa rangkaian bersifat linier untuk gain penguat tetap sebagai $V_{out} = V_{in} \times \text{Gain}$. Sifat ini bisa sangat berguna untuk mengubah sinyal sensor yang lebih kecil menjadi tegangan yang jauh lebih besar. ^[14]

2.2.9.2 Non Inverting Op Amp (Penguat Tak-Membalik)

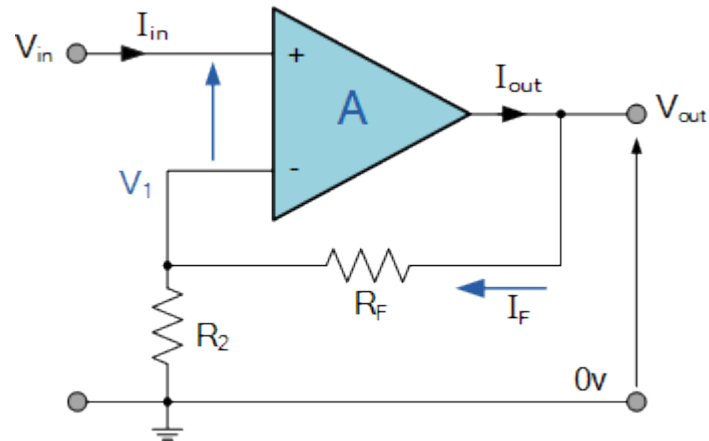


Gambar 2-19 Penguat *Non Inverting*

Dalam konfigurasi ini, sinyal tegangan input, (V_{in}) diterapkan secara langsung ke terminal input *non-inverting* (+) yang berarti bahwa *gain* output penguat menjadi “positif” bernilai berbeda dengan rangkaian penguat *inverting* yang menghasilkan output negatif lainnya. Hasil dari ini adalah bahwa sinyal output adalah sefase dengan sinyal input.^[15]

Control umpan balik penguat operasional *non inverting* dicapai dengan menerapkan sebagian kecil sinyal tegangan output ke terminal input *inverting* (-) melalui jaringan pembagi tegangan $R_f - R_2$, sekali lagi menghasilkan umpan balik negatif.^[15]

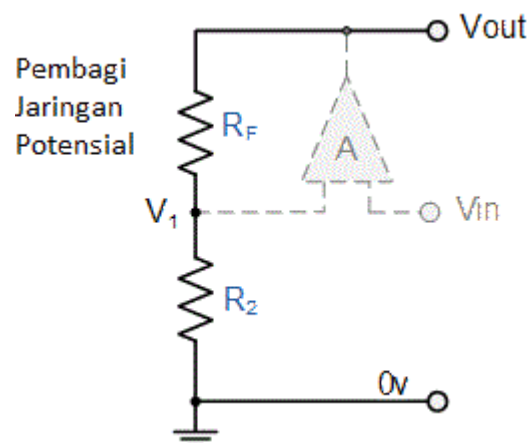
Konfigurasi *loop* tertutup ini menghasilkan rangkaian penguat *non inverting* dengan stabilitas yang sangat baik, impedansi input yang sangat tinggi, R_{in} mendekati tak terhingga, karena tidak ada arus yang mengalir ke terminal input positif, (kondisi ideal) dan impedansi keluaran yang rendah,^[15] R_{out} seperti ditunjukkan pada gambar 2-20.



Gambar 2-20 Rangkaian op amp *non inverting*

Pada penjelasan penguat *inverting*, untuk op amp yang ideal ada dua poin penting. Yang pertama “tidak ada arus yang masuk ke terminal input dan “ V_1 selalu sama dengan V_2 ”. Ini karena persimpangan sinyal input dan umpan balik (V_1) berada pada potensial yang sama. ^[15]

Dengan kata lain persimpangan adalah titik penjumlahan “persimpangan”. Karena simpul persimpangan ini resistor, R_f dan R_2 membentuk jaringan pembagi potensial sederhana di penguat *non-inverting* dengan *gain* tegangan rangkaian yang ditentukan oleh rasio R_2 dan R_f , ^[15] seperti yang ditunjukkan gambar 2-23.



Gambar 2-21 Jaringan pembagi potensial ekuivalen

Kemudian dengan menggunakan rumus untuk menghitung tegangan keluaran dari jaringan pembagi potensial, kita dapat menghitung *gain* tegangan *loop* tertutup (A_v) dari penguat *non-inverting* sebagai berikut: ^[15]

$$V_1 = \frac{R_2}{R_2 + R_f} \times V_{out} \dots \dots \dots (9)$$

Tegangan *gain*, A_v adalah sama dengan

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \dots \dots \dots (10)$$

Kemudian

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 + R_f}{R_2} \dots \dots \dots (11)$$

Sehingga

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_f}{R_2} \dots \dots \dots (12)$$

Kemudian *gain* tegangan *loop* tertutup dari penguat operasional *non-inverting* akan diberikan sebagai:

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_2} \dots \dots \dots (13)$$

Kita dapat melihat dari persamaan di atas, bahwa keseluruhan *gain loop* tertutup dari penguat *non-inverting* akan selalu lebih besar namun tidak kurang dari satu (kesatuan), sifatnya positif dan ditentukan oleh rasio nilai R_f dan R_2 . ^[15]

Jika nilai resistor umpan balik R_f adalah nol, *gain* penguat akan sama dengan satu (kesatuan). Jika resistor R_2 adalah nol, *gain* akan mendekati tak terhingga, namun dalam praktiknya akan terbatas pada penguat operasional *gain* diferensial *loop open* (A_o). ^[15]

2.2.10. Sensor DO (*Dissolve Oxygen*)

Oksigen terlarut adalah salah satu faktor yang penting dalam menunjukkan kualitas air. Oksigen terlarut yang rendah dalam air akan menyebabkan sulitnya organisme air dalam proses pernapasan, yang dapat mengancam kehidupan organisme air tersebut. Untuk itu digunakan sensor DO atau *Dissolve Oxygen* (oksigen terlarut) yang dapat mengukur kadar oksigen terlarut dalam air. Sensor ini digunakan secara luas pada banyak bidang yang terkait dengan perairan seperti budidaya air, *monitoring* lingkungan air, penelitian dan lain sebagainya. Sensor ini kompatibel dengan berbagai mikrokontroler dan bersifat *open source* yang artinya pengguna dapat menggunakan sensor ini secara bebas dan terbuka untuk siapa pun.^[16]

Sebelum menggunakan sensor, 0,5 mol/L larutan NaOH harus ditambahkan pada *membrane cap* yang terletak pada ujung sensor. Larutan NaOH memiliki sifat korosif yang tinggi sehingga perlu kehati-hatian yang ekstra saat memasukkan larutan NaOH pada *membrane cap*. Apabila terjadi hal yang tidak diinginkan saat memasukkan larutan NaOH seperti larutan NaOH yang mengenai kulit maka cucilah bagian yang terkena larutan NaOH dengan air sampai bersih. Lubang berpori pada *membrane cap* sangat sensitive dan rentan. Untuk itu hindarkanlah *membrane cap* dari benda yang tajam. Sensor ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:^[16]

1. Type: Galvanic Probe
2. Kisaran Deteksi : 0~20 mg/L
3. Kisaran Suhu: 0~40 °C

4. Waktu Respon: sampai 98% respon penuh, dalam 90 detik (25°C)
5. Kisaran Tekanan: 0~50 PSI
6. Daya Tahan Elektroda: 1 tahun (penggunaan normal)
7. Pemeliharaan Sensor:
 - a. Periode Penggantian *Membrane Cap*:
 - i. 1~2 bulan (pada air berlumpur);
 - ii. 4~5 bulan (pada air bersih)
 - b. Periode Penggantian Larutan: Sekali dalam sebulan
8. Panjang Kabel: 2 Meter
9. Probe Konektor: BNC

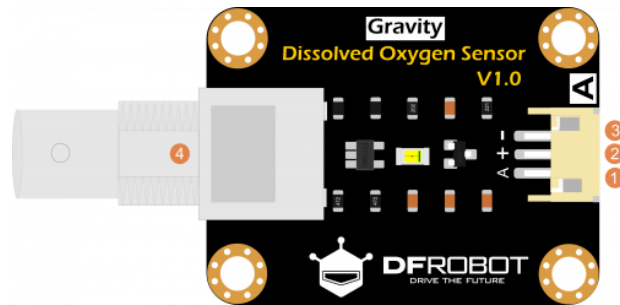


Gambar 2-22 Sensor DO

Sensor ini dilengkapi dengan penguat operasional (*Operational Amplifier*) bawaan yang berfungsi untuk menguatkan tegangan yang dihasilkan dari sensor sebelum masuk ke perangkat pengolah (*procces device*) seperti mikrokontroller atau PLC. Perangkat penguat sensor ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Tegangan *Supply*: 3.3~5.5V
2. Sinyal Output: 0~3.0V
3. Kabel Konektor: BNC
4. Sinyal Konektor: Gravity Analog Interface (PH2.0-3P)

5. Dimensi: 42mm * 32mm/1.65 * 1.26 inci

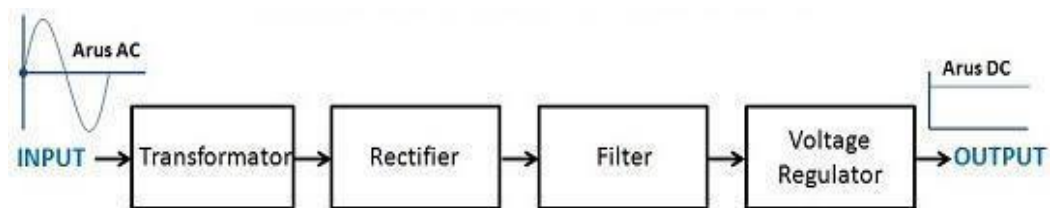


Gambar 2-23 Op amp Sensor DO

2.2.11. Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya atau *power supply* adalah suatu rangkaian yang berfungsi sebagai sumber daya untuk mengoperasikan rangkaian yang lain. Jenis rangkaian catu daya cukup banyak tetapi untuk yang sederhana biasanya terdiri dari transformator, penyearah, *filter* dan regulator.^[17]

Prinsip dasar untuk memperoleh tegangan searah dapat dijelaskan dalam diagram blok pada gambar 2-24.^[17]



Gambar 2-24 Diagram Blok Catu Daya

Tegangan AC 220 Volt diturunkan tegangannya menggunakan trafo *step down*. Setelah itu tegangan disearahkan menggunakan penyearah tegangan atau *dioda*. Tegangan yang telah disearahkan tadi disaring melalui *filter/kapasitor* untuk meratakan *ripple* yang terjadi pada arus agar halus. Tegangan yang halus lalu diregulasi oleh regulator untuk menyesuaikan tegangan yang akan dituju /

beban yang dituju, kemudian masuk ke *filter* lagi agar semakin halus. ^[17]

2.2.11.1. 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 gandengan 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 gandengan 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^[18] :

$$E_1 = 4,44.N_1.f_1.\phi \dots \dots \dots (14)$$

$$E_2 = 4,44.N_2.f_2.\phi \dots \dots \dots (15)$$

dari persamaan (14) dan (15) dapat dirumuskan seperti berikut:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots \dots \dots (16)$$

Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks bocor, maka perbandingan transformasi menjadi:

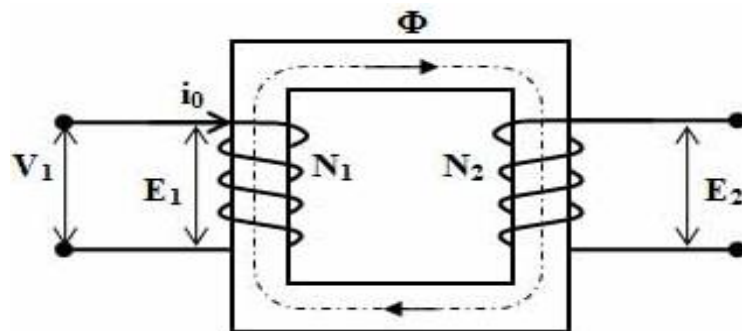
$$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots \dots \dots (17)$$

Ketika kumparan sekunder dihubungkan dengan beban L, maka pada belitan

sekunder akan mengalir arus I_2 sebesar $I_2 = V_2/L$. Pada transformator keadaan berbeban berlaku hubungan:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots(18)$$

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 yang berjumlah dua atau bepasangan (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. ^[18]



Gambar 2-25 Konstruksi transformator

Dimana :

V_1 = Tegangan primer (Volt)

N_1 = Jumlah belitan primer

V_2 = Tegangan sekunder (Volt)

N_2 = Jumlah belitan sekunder

E_1 = Gaya gerak listrik pada belitan primer (Volt)

E_2 = Gaya gerak listrik pada belitan sekunder (Volt)

I_0 = Arus beban nol

ϕ = fluks magnetik pada inti (Weber)

2.2.11.2. Rectifier

Dioda merupakan komponen elektronika yang terbentuk dari persambungan antara semikonduktor tipe n dan semikonduktor tipe p. Semikonduktor tipe n adalah semikonduktor yang telah didop dengan atom pentavalen seperti arsen, antimon, dan posfor sehingga mempunyai elektron (muatan negatif) sebagai pembawa mayoritas dan *hole* (muatan positif) sebagai pembawa minoritas.^[17]

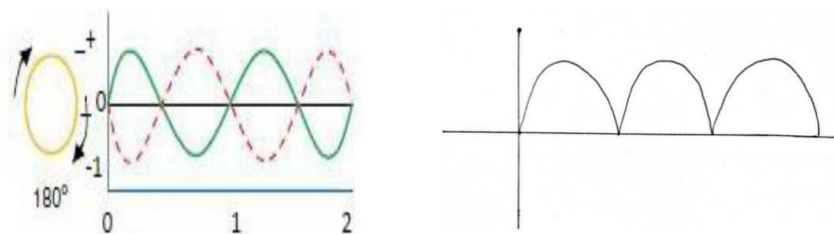
Semikonduktor tipe p adalah semikonduktor yang telah didop dengan menggunakan atom trivalent, seperti aluminium, boron dan gallium, dengan tiga buah elektron pada kulit terluar, sehingga mempunyai *hole* sebagai pembawa mayoritas dan elektron sebagai pembawa minoritas. Simbol dioda dapat dilihat pada gambar 2-26.^[17]



Gambar 2-26 Simbol Dioda

Rangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak – balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Komponen yang digunakan *rectifier* untuk menyearahkan gelombang adalah dioda yang dikonfigurasi *forward* bias, karena dioda memiliki karakteristik yang melewatkan arus listrik hanya ke satu arah dan menghambat arus listrik ke arah sebaliknya.^[17]

Rangkaian penyearah terdiri dari dioda *bridge*, yaitu empat buah dioda yang dirangkai membentuk sebuah jembatan. Dioda *bridge* digunakan sebagai penyearah arus bolak-balik satu gelombang penuh. Owen Bishop (2002) menyatakan bahwa selama setengah siklus positif, dioda D_1 dan dioda D_2 diberi bias maju, sehingga keduanya menghantarkan arus. Sementara dioda D_3 dan dioda D_4 diberi bias mundur sehingga keduanya tidak menghantarkan arus.^[17]



Gambar 2-27 Bentuk Gelombang Output

Bentuk gelombang yang terjadi pada *output* dapat dilihat pada gambar 2-27. Pada setengah siklus positif dioda D_1 dan D_3 konduksi *on* dan menghasilkan gelombang *output* setengah siklus seperti pada gambar. Selanjutnya, untuk setengah siklus negatif ($T/2$ dan T), maka D_2 dan D_4 konduksi dan menghasilkan gelombang. Gelombang yang terjadi adalah positif dikarenakan titik A nol dan titik B positif. Faktor *ripple* pada penyearah gelombang penuh lebih kecil daripada penyearah setengah gelombang. Makin kecil faktor *ripple* maka semakin baik tegangan DC yang dihasilkan (tegangan DC semakin datar). Gelombang yang dihasilkan oleh penyearah dioda masih dalam DC denyut dan masih terdapat *ripple*, maka perlu ditambahkan kapasitor sebagai penghilang *ripple*.^[17]

2.2.11.3. Filter (Penyaring)

Penyaring yang digunakan pada rangkaian catu daya adalah kapasitor.

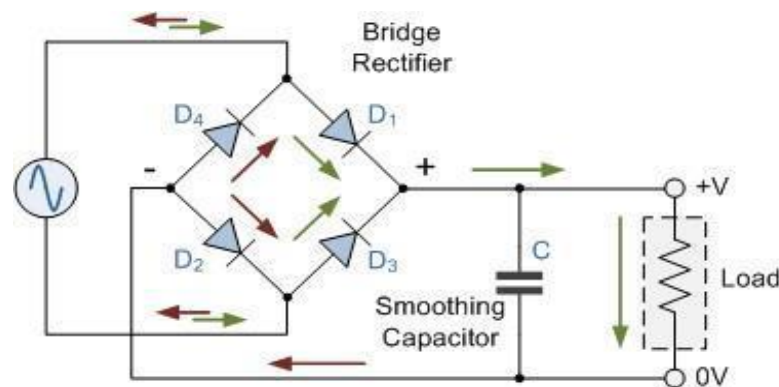
Pengertian kapasitor adalah perangkat komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (*dielektrik*) pada tiap konduktor atau yang disebut keping.^[17]

Kapasitor biasanya disebut dengan sebutan kondensator yang merupakan komponen listrik dan dibuat sedemikian rupa, sehingga mampu menyimpan muatan listrik. Gambar kapasitor dapat dilihat pada 2-28.^[17]

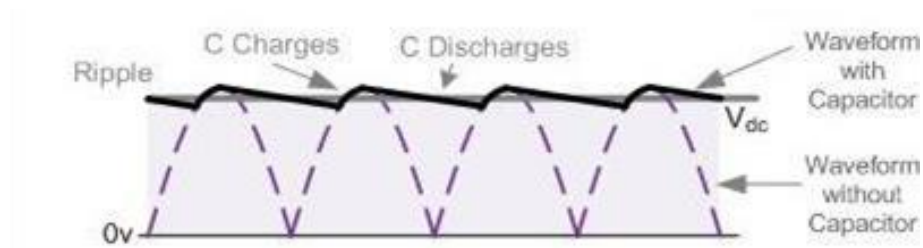


Gambar 2-28 Kapasitor

Filter pada catu daya adalah sebagai penyaring arus ripple akibat proses penyearahan yang masih terdapat arus AC. *Filter* yang umum dipakai adalah filter dengan kapasitor. Filter ini mampu membentuk bentuk gelombang tegangan keluarannya bisa menjadi rata. Perhatikan gambar 2-29 dan 2-30.^[17]



Gambar 2-29 Rangkaian Filter Menggunakan Kapasitor



Gambar 2-30 Output gelombang dengan kapasitor

Prinsip *filter* kapasitor adalah proses pengisian dan pengosongan kapasitor. Saat dioda *forward*, kapasitor terisi dan tegangannya sama dengan periode ayunan tegangan sumber. Pengisian berlangsung sampai nilai maksimum, pada saat itu tegangan C sama dengan V_p .^[17]

Pada ayunan turun kearah *reverse*, kapasitor akan mengosongkan muatannya. Jika tidak ada beban, maka nilainya konstan dan sama dengan V_p , tetapi jika ada beban maka keluarannya (V_{out}) memiliki sedikit *ripple* akibat kondisi pengosongan.^[17]

2.2.11.4. Regulator Tegangan

Regulator tegangan diperlukan untuk menyetabilkan tegangan hasil dari penyearahan. *Voltage regulator* merupakan suatu komponen yang mengambil tegangan input tak teregulasi yang bisa berfluktuasi dari waktu ke waktu, dan menghasilkan tegangan konstan yang teregulasi yaitu tegangan stabil yang tidak terpengaruh oleh perubahan input, perubahan beban, dan perubahan arus. Regulator tegangan dengan keluaran bervariasi berarti tegangan yang dihasilkan dapat diatur dengan *range* tertentu.^[18]



Gambar 2-31 Rangkaian IC Voltage Regulator

Komponen elektronika yang digunakan sebagai regulator tegangan adalah dioda zener. Ciri khas dioda zener yakni bila dibias *forward*, maka dioda zener akan bertindak sebagai dioda pada umumnya, sedangkan bila dibias *reverse* dioda zener akan mengalirkan arus dari katoda ke anoda dengan syarat diberi catu tegangan yang lebih besar dari tegangan spesifikasi dioda tersebut.^[18]

Oleh karena itu, meski mendapatkan catu secara *reverse*, apabila tegangan catu kurang dari tegangan tembus maka arus dari katoda tidak akan mengalir menuju anoda. Dioda zener akan memberikan tegangan *output* yang relatif tetap sesuai dengan spesifikasi tegangan zener tersebut. Misalnya dioda zener memiliki spesifikasi tegangan 5 Volt, maka ketika dilewati sebuah tegangan 6,5 Volt, tegangan *output* dioda akan tetap pada batas 5 Volt. Namun ketika tegangan yang melewati dioda zener sudah melewati batas toleransi yang diijinkan, maka dioda zener sudah tidak mampu lagi menahan tegangan spesifikasi 5 Volt tersebut. Akibatnya, kondisi dioda zener akan mengalami kerusakan.^[18]

Tabel 2-2 Tegangan *Input* IC L7805 dan IC L7812

Tipe Regulator	Vin min	Vin maks	Vout
7805	8 V	20 V	5 V
7808	11,5 V	23 V	8 V
7812	15,5 V	27 V	12 V
7824	28 V	38 V	24 V

Batasan nilai tegangan masukan IC regulator yang terdapat dalam tabel adalah nilai DC, bukan tegangan sekunder dari trafo. Berdasarkan tabel 2-2 diatas, diambil kesimpulan bahwa nilai tegangan *output* akan tetap konstan meskipun tegangan *input* bervariasi, namun dalam *range* tertentu.^[18]