

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

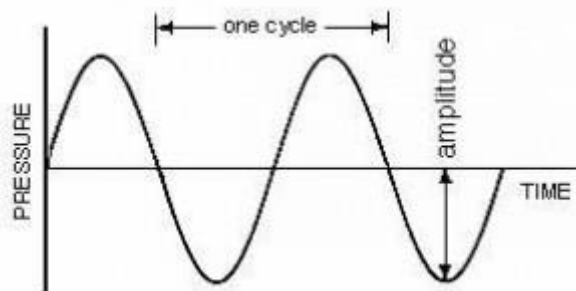
Setelah kita melakukan telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang kita lakukan. Tugas Akhir untuk Memonitoring suhu dan kekeruhan pada air tambak dan ditampilkan menggunakan Mini PC untuk kontrol nya menggunakan Mikrokontroller Atmega^[3], serta tugas akhir dari Fakultas Teknik Universitas Telkom yaitu *Prototipe* untuk mengontrol salinitas kadar garam pada tambak udang menggunakan jaringan sensor konduktivitas dan pengolahan datanya menggunakan *fuzzy logic*^[4], pengawasan langsung menggunakan komputer serta menggunakan akuator sebagai pompa air tawar dan air laut untuk menjaga kestabilan kadar garam pada tambak udang. Dari jurnal Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya membuat sistem kontrol kualitas air tambak dengan metode *fuzzy logic control* menggunakan Mikrokontroller NI myRIO, fungsi kualitas air tambak disini sebagai kontrol putaran pada pompa air (PWM) menghasilkan tingkat kesesuaian yang baik^[5].

Perbedaan tugas akhir yang akan dikerjakan dengan referensi – referensi diatas adalah menggunakan PLC dan HMI sebagai alat memonitoring suhu dan kadar garam. Sensor suhu digunakan untuk mendeteksi temperatur pada air tambak yang sangat mengganggu kelangsungan hidup biota tambak, dan menggunakan sensor kadar garam/salinitas untuk mendeteksi kadar garam dalam air.

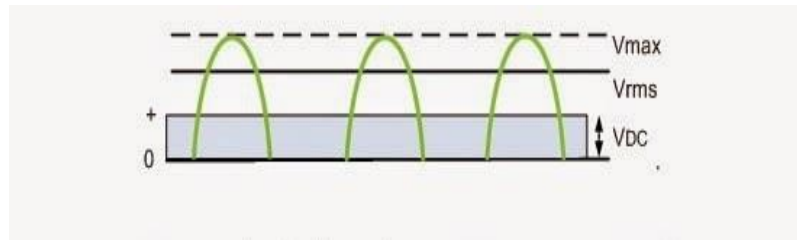
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya merupakan peralatan penyedia tegangan atau sumber daya. Catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik menuju level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada pengubahan daya listrik. Dalam sistem pengubahan daya. Jika suatu catu daya bekerja dengan beban maka terdapat keluaran tertentu dan jika beban tersebut dilepas maka tegangan keluar akan naik, persentase kenaikan tegangan dianggap sebagai regulasi dari catu daya tersebut. Ada dua sumber catu daya yaitu, sumber AC dan sumber DC, sumber AC yaitu sumber tegangan bolak – balik dan sumber DC yaitu sumber tegangan searah. Berikut gambar (2-1) dan gambar (2-2) adalah gambar sumber AC dan sumber DC.

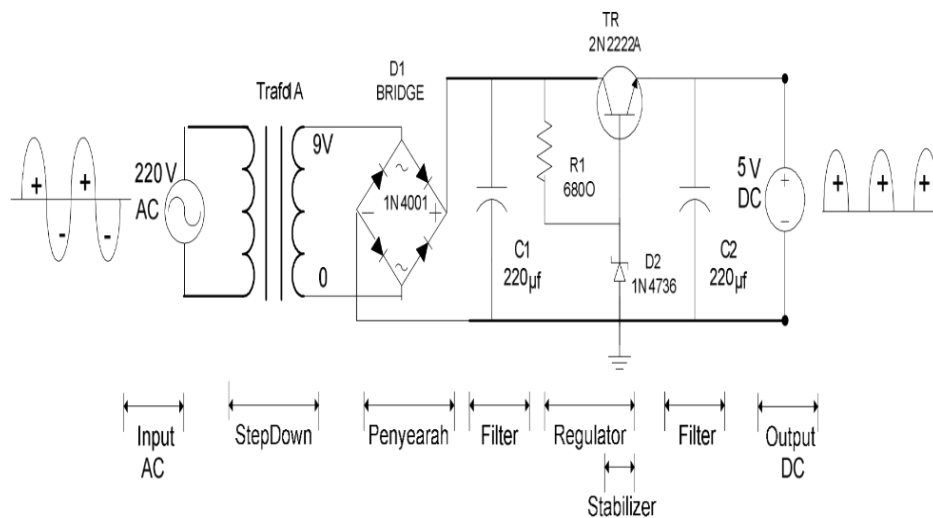


Gambar (2-1) Tegangan AC



Gambar (2-2) Tegangan DC

Dari sumber AC dapat di searahkan menjadi sumber DC menggunakan rangkaian penyearah yang di bentuk oleh dioda. Rangkaian penyearah ada tiga macam yaitu, penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, sistem jembatan. Berikut gambar (2-3) adalah skema rangkaian catu daya. ^[6]



Gambar (2-3) Skema Rangkaian Catu Daya

2.2.1.1 Komponen Utama Catu Daya

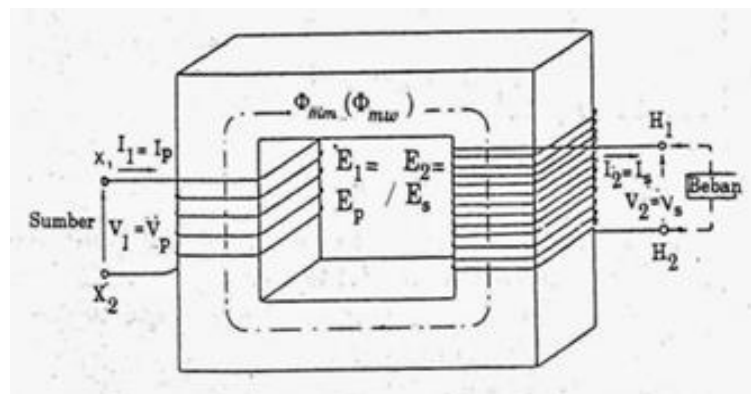
1. Trafo

Trafo merupakan komponen di dalam catu daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan listrik, untuk menaikkan dan menurunkan tegangan.

Berdasarkan tegangan yang dikeluarkan trafo terbagi menjadi 2 yaitu :

- a) Trafo *step up* (penaik tegangan), apabila tegangan belitan sekunder yang dibutuhkan lebih tinggi dari tegangan primer.
- b) Trafo *step down* (penurun tegangan), apabila tegangan belitan sekunder yang dibutuhkan lebih rendah dari tegangan primer.

Gambar (2-4) dibawah ini menunjukkan gambar transformator ideal.

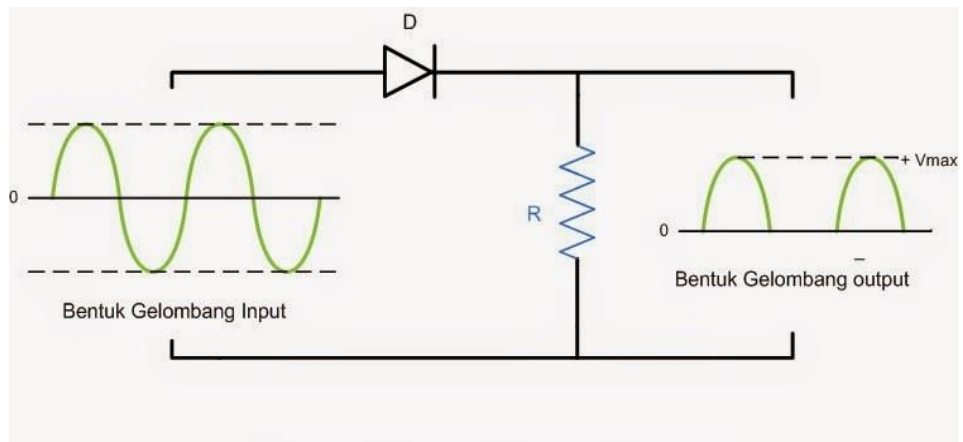


Gambar (2-4) Transformator Ideal

2. *Rectifier* (Penyearah)

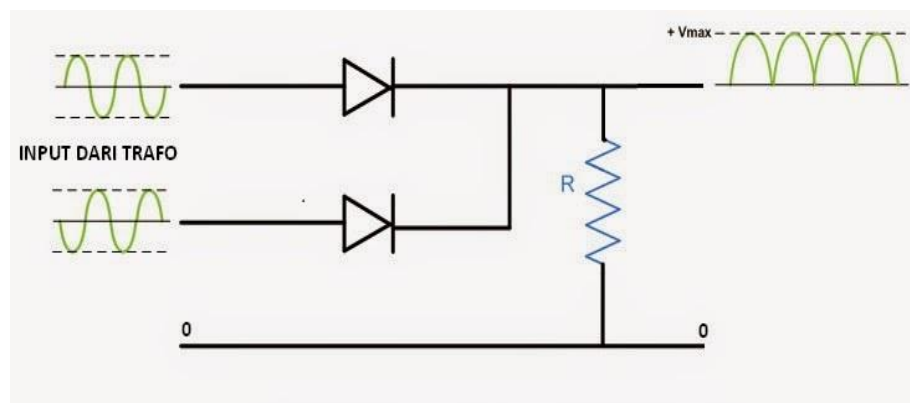
Rectifier berfungsi mengubah tegangan listrik AC yang berasal dari trafo *step down* menjadi tegangan listrik arus DC. Berikut gambar (2-5), gambar (2-6), dan gambar (2-7) adalah gambar penyearah setengah gelombang satu dioda, dua dioda, dan dalam sistem jembatan..

a) Penyearah setengah gelombang satu dioda



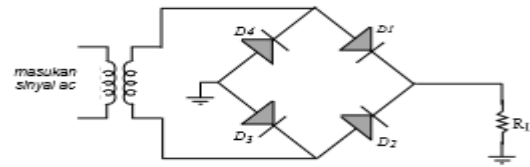
Gambar (2-5) Penyearah Setengah Gelombang

b) Penyearah setengah gelombang dua dioda

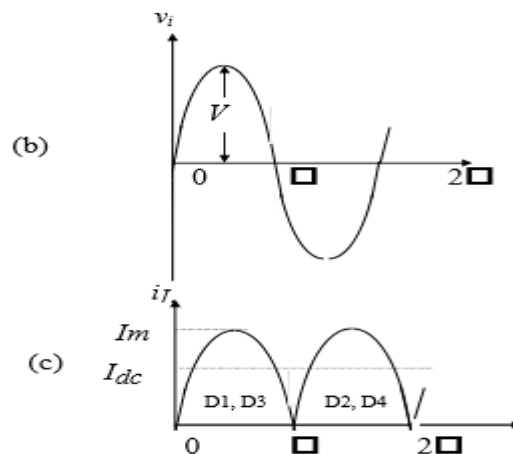


Gambar (2-6) Penyearah Setengah Gelombang

a) Penyearah gelombang penuh sistem jembatan



(a)



Gambar (2-7) Penyearah Sistem Jembatan

3. **Filter (Penyaring)**

Filter atau penyaring terdiri dari kapasitor yang berfungsi meratakan atau menyaring tegangan listrik yang berasal dari *rectifier*.

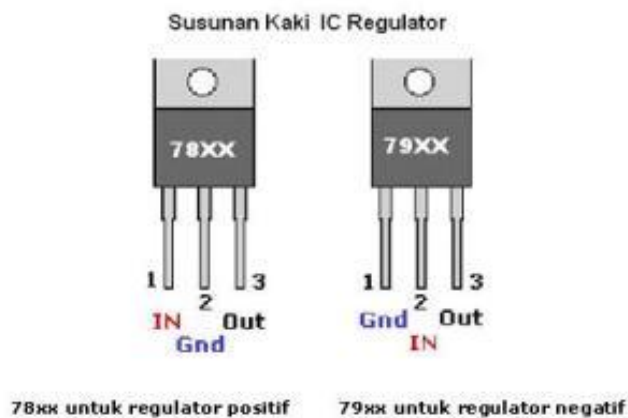
4. **Stabilizer**

Stabilizer berfungsi sebagai penstabil tegangan agar tidak terpengaruh tegangan DC.

5. **Regulator**

Regulator *Voltage* berfungsi sebagai *filter* tegangan agar sesuai dengan keinginan. Oleh karena itu biasanya dalam rangkaian *power supply* maka IC Regulator tegangan ini selalu dipakai untuk stabilnya outputan tegangan. Regulasi

adalah perbandingan perbedaan tegangan yang terdapat pada tegangan beban penuh. Agar tegangan keluaran catu daya lebih stabil, dapat digunakan suatu komponen IC yang disebut IC regulator, misalnya IC Regulator 7812 atau IC Regulator 7805. Hal ini memungkinkan keluaran DC catu daya dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Berikut gambar (2-8) menunjukkan gambar susunan kaki IC Regulator. [6]



Gambar (2-8) Susunan Kaki IC Regulator

2.2.2 *Programable Logic Controller (PLC)*

PLC adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan relay yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional [7]. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, yang berupa memhidupkan atau mematikan keluarannya (logika 0 atau 1, hidup atau mati). Pengguna membuat program (yang umumnya dinamakan diagram tangga atau *ladder diagram*). PLC pertama kali diperkenalkan pada tahun 1960-an, alasan utama perancangan PLC adalah untuk menghilangkan beban ongkos perawatan dan penggantian sistem kontrol mesin berbasis relai. Bedford Associates mengajukan usulan yang diberi

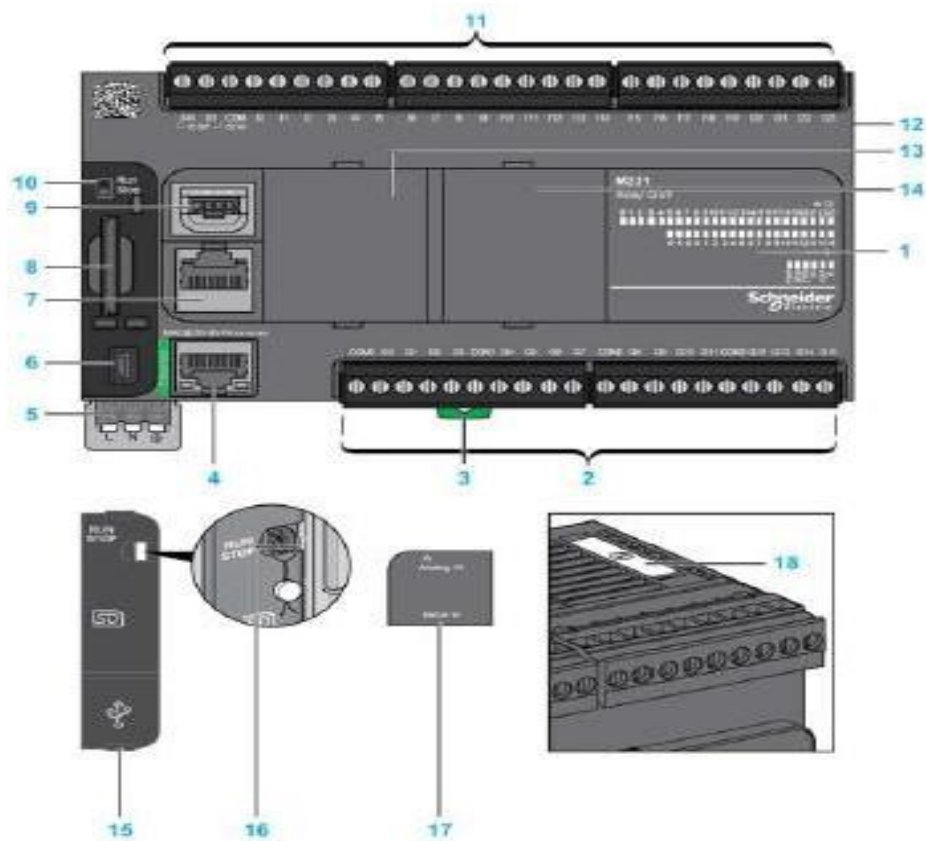
nama MODICON (kepanjangan dari *Modular Digital Controller*) untuk perusahaan-perusahaan mobil di Amerika. Secara garis besar struktur dasar PLC dapat dibagi menjadi empat kelompok komponen utama yang terdiri dari antarmuka (*interface*) input, antarmuka (*interface*) output, unit pemrosesan (*Central Processing Unit/CPU*) dan unit memory. Dalam CPU sebuah PLC dapat diibaratkan sebagai kumpulan ribuan relay walaupun kenyataannya bukan berarti terdapat ribuan relay berskala kecil. Tetapi dalam PLC berisi rangkaian elektronika digital yang berfungsi sebagai *contact Normally Open* (NO) dan *contact Normally Close* (NC) relay. Satu nomor kotak NO dan NC pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk semua jenis instruksi dasar PLC kecuali instruksi output. Instruksi output sebuah PLC tidak dapat dilakukan untuk nomor kontak yang sama.^[8]

Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut :

- 1) *Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam memori untuk menyimpan program agar dapat diubah-ubah fungsi dan kegunaannya berdasarkan fungsinya.
- 2) *Logic*, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatika dan *logic* yakni untuk operasi perbandingan, penjumlahan, pembagian, pengurangan, negasi, AND, OR.
- 3) *Controller*, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses kerja sehingga output yang dihasilkan sesuai.

2.2.2.1 Bagian-Bagian PLC Modicon M221 TM221CE16R

PLC Modicon M221 TM221CE16R adalah PLC produk dari *Schneider Electric*. PLC ini merupakan model terbaru setelah model terdahulunya, yaitu TWIDO. Berikut gambar (2-9) menunjukkan bagian-bagian PLC Modicon M221.



Gambar (2-9) Bagian-Bagian PLC Modicon M221

Berikut ini bagian-bagian PLC Modicon M221 sebagai berikut pada tabel (2-1) :

Tabel (2-1) Bagian –bagian PLC Modicon M221

No.	Deskripsi
1	Status LED
2	Blok terminal keluaran
3	Pengunci untuk 35 mm rel

4	<i>Ethernet port / konektor RJ45</i>
5	<i>100-240 Vac power supply</i>
6	<i>Mini USB</i>
7	<i>Serial port 1</i>
8	<i>SD card slot</i>
9	Masukan 2 analog
10	Saklar <i>Run/Stop</i>
11	Blok terminal masukan
12	Konektor penambahan I/O
13	<i>Cartridge slot 1</i>
14	<i>Cartridge slot 2</i>
15	Tutup pelindung
16	<i>Locking hook</i>
17	Penutup masukan analog
18	Dudukan baterai

1) Status LED

Berikut tabel (2-2) merupakan tabel LED *Indicator*.

Tabel (2-2) LED *Indicator*

Label	Tipe Fungsi	Warna	Status	Deskripsi
PWR	<i>Power</i>	Hijau	<i>On</i>	<i>Power sedang digunakan.</i>
			<i>Off</i>	<i>Power sedang dilepas.</i>

RUN	Status mesin	Hijau	<i>On</i>	<i>Controller</i> berjalan pada aplikasi yang valid.
			Berkedip	<i>Controller</i> berjalan pada aplikasi valid yang berhenti.
			<i>Off</i>	<i>Controller</i> belum terprogram.
ERR	<i>Error</i>	Merah	<i>On</i>	LED <i>error</i> terjadi pada saat proses <i>booting</i>
			Berkedip (RUN LED <i>off</i>)	INTERNAL ERROR
			Berkedip perlahan	Mendeteksi <i>minor error</i>
			Berkedip sekali	Tidak ada aplikasi
SD	Akses SD <i>card</i>	Hijau	<i>On</i>	SD <i>card</i> sedang diakses.
			Berkedip	<i>Error</i> terdeteksi saat SD <i>card</i> dioperasikan.
			<i>Off</i>	Tidak ada akses atau SD <i>card</i> tidak ada.
			<i>On</i>	Baterai harus diganti.

BAT	Baterai	Merah	Berkedip	Baterai lemah.
			<i>Off</i>	Baterai dalam keadaan baik.
SL	<i>Serial line 1</i>	Hijau	<i>On</i>	Menunjukkan status SL 1.
			Berkedip	Menunjukkan aktivitas pada SL 1.
			<i>Off</i>	Menunjukkan tidak ada komunikasi serial.

2) Blok terminal keluaran

Blok terminal keluaran berfungsi sebagai *port input* sensor dan sebagainya.

3) Pengunci untuk 35 mm rel

Pengunci untuk 35 mm rel berfungsi untuk mengunci antara PLC dan rel bila terjadi guncangan dan getaran.

4) *Ethernet port*

Ethernet port berfungsi untuk menghubungkan PLC dengan internet atau TCP/IP dengan menggunakan kabel RJ45.

5) *Power supply*

Power supply berfungsi untuk menghubungkan PLC dengan tegangan 220 Volt.

6) Mini USB

Mini USB berfungsi untuk menghubungkan komputer dengan perangkat lunak *SoMachine Basic*.

7) *Serial Line 1 port*

Serial Line 1 port berfungsi untuk melakukan komunikasi dengan perangkat lain baik sebagai *master* atau *slave*.

8) *SD card slot*

SD card slot berfungsi untuk media penyimpanan program dengan kapasitas mencapai 32 GB.

9) Masukan 2 analog

Masukan 2 analog berfungsi untuk masukan dari I/O analog yang terdiri dari 2 port dari PLC.

10) Saklar *Run/Stop*

Saklar *Run/Stop* berfungsi untuk mengoperasikan PLC secara eksternal apabila PLC tidak dalam mode Run.

11) Blok terminal masukan

Blok terminal masukan berfungsi untuk *port* masukan sensor.

12) Konektor penambahan I/O

Konektor penambahan I/O berfungsi untuk menambah terminal I/O apabila dibutuhkan.

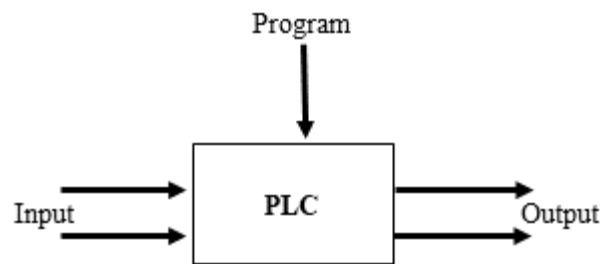
13) Dudukan baterai

Dudukan baterai berfungsi untuk tempat menempatkan baterai pada PLC.

2.2.2.2 Pemrograman PLC

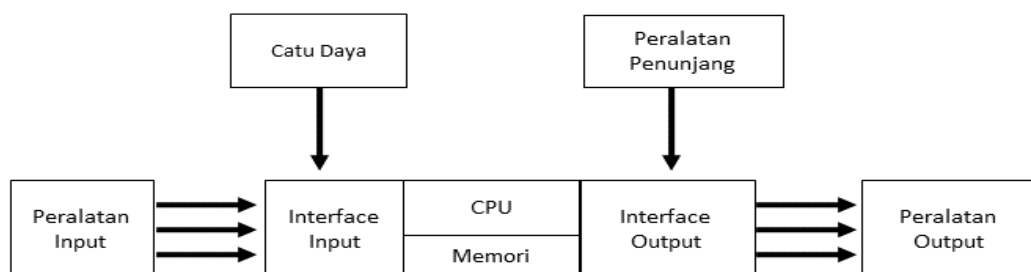
Dasar PLC adalah CPU yang berfungsi sebagai otak dari PLC, input/output akan diolah oleh CPU berdasarkan program PLC contoh *input device* adalah sensor suhu dan salinitas, contoh untuk *output device* adalah pompa, relay, aerator, HMI.

Input device ada dua jenis yaitu analog input dan digital input. Begitu juga dengan *output device* terbagi menjadi dua jenis yaitu analog output dan digital output. Berikut gambar (2-10) menunjukkan gambar blok pengontrol logika terprogram.



Gambar (2-10) Blok Pengontrol Logika Terprogram

PLC diciptakan memiliki I/O untuk dapat dihubungkan dengan sensor dan melakukan proses kontrol, PLC diprogram sesuai dengan keinginan. 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. Berikut gambar (2-11) menunjukkan gambar blok diagram PLC.



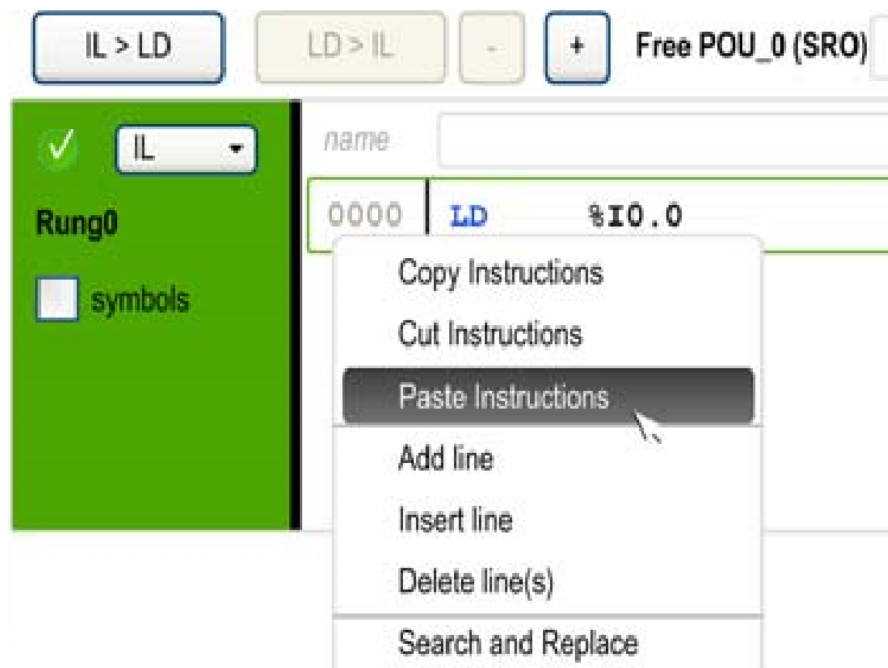
Gambar (2-11) Diagram Blok PLC

PLC diprogram menggunakan *ladder diagram* menggunakan perangkat lunak

SoMachine Basic, perangkat ini memiliki tiga bahasa program yaitu :

- IL (*Instruction List*)

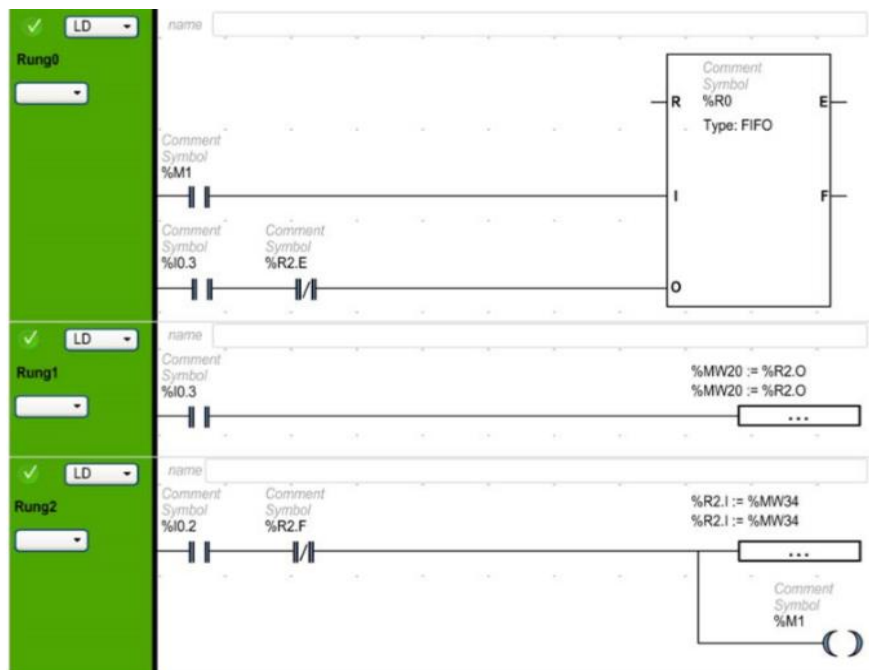
Sistem pemrograman ini menggunakan singkatan-singkatan khusus, bahasa yang digunakan adalah OR, AND, NAND, EXOR. Berikut gambar (2-12) menunjukkan gambar contoh *Instruction List*.



Gambar (2 -12) Contoh *Instruction List*

- LD (*Ladder Diagram*)

Sistem pemrograman ini menggunakan instruksi dengan kondisi-kondisi pada diagram tangga. Berikut gambar (2-13) menunjukkan gambar ladder diagram,



Gambar (2-13) Contoh Ladder Diagram

2.2.3 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar $60\mu\text{A}$ hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*) dari sensor yang dapat

menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5 C pada suhu 25 C.

2.2.3.1 Struktur Sensor LM35

3 pin LM35 menunjukan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau Vout dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10mV setiap derajat *celcius* sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{LM35} = \text{Suhu} * 10\text{mV}$$

Gambar (2-14) diatas menunjukkan bentuk dari LM35 tampak depan dan tampak bawah.



Gambar (2-14) Sensor LM35

Gambar (2-15) diatas adalah gambar skematik rangkaian dasar sensor suhu LM35-

antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya. Jarak yang jauh diperlukan penghubung yang tidak terpengaruh oleh interferensi dari luar, dengan demikian digunakan kabel selubung yang ditanahkan sehingga dapat bertindak sebagai suatu antenna penerima dan simpangan didalamnya, juga dapat bertindak sebagai perata arus yang mengkoreksi pada kasus yang sedemikian, dengan menggunakan metode *bypass* kapasitor dari V_{in} untuk ditanahkan.

Maka dapat disimpulkan prinsip kerja sensor LM35 sebagai berikut:

- Suhu lingkungan di deteksi menggunakan bagian IC yang peka terhadap suhu.
- Suhu lingkungan ini diubah menjadi tegangan listrik oleh rangkaian didalam IC, dimana perubahan suhu berbanding lurus dengan perubahan tegangan output.
- Pada seri LM35

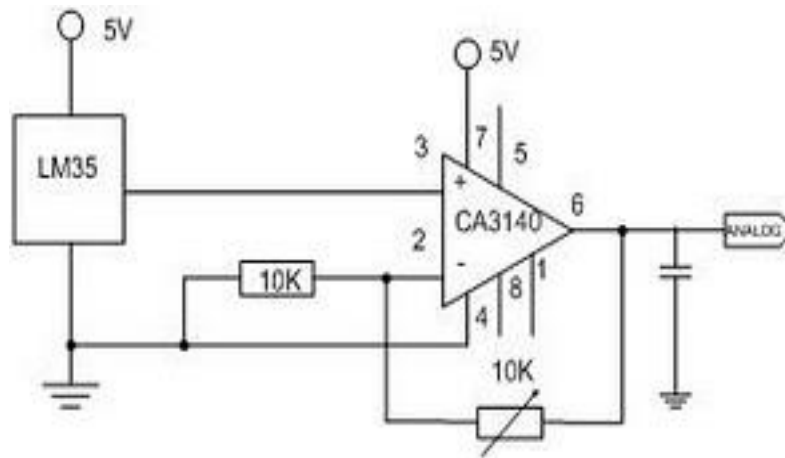
$$V_{out} = 10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$$

2.2.3.3 Karakteristik Sensor LM35

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C .
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55°C sampai $+150^{\circ}\text{C}$.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.

5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari $60\mu\text{A}$.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari $0,1^\circ\text{C}$ pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu $0,1\ \Omega$ untuk beban $1\ \text{mA}$.
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}^\circ\text{C}$.

Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 100°C setara dengan $1\ \text{volt}$. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (*self heating*) kurang dari $0,1^\circ\text{C}$, dapat dioperasikan dengan menggunakan power supply tunggal dan dapat dihubungkan antar muka (*interface*) rangkaian control yang sangat mudah. IC LM 35 sebagai sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk *Integrated Circuit* (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linear terhadap perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai penguah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar $10\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ yang berarti bahwa kenaikan suhu 1°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar $10\ \text{mV}$. Gambar (2-16) menunjukkan rangkaian sensor LM35.



Gambar (2-16) Rangkaian sensor LM35

IC LM 35 ini tidak memerlukan pengkalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celcius pada temperature ruang. Jangka sensor mulai dari (-55°C) sampai dengan 150°C, IC LM35 penggunaannya sangat mudah, difungsikan sebagai kontrol dari indicator tampilan catu daya terbelah. IC LM 35 dapat dialiri arus 60µA dari *supply* sehingga panas yang ditimbulkan sendiri sangat rendah kurang dari 0°C di dalam suhu ruangan.

Untuk mendeteksi suhu digunakan sebuah sensor suhu LM35 yang dapat dikalibrasikan langsung dalam C (Celcius), LM35 ini difungsikan sebagai basic temperature sensor.

Adapun keistimewaan dari IC LM 35 adalah :

- Kalibrasi dalam satuan derajat celcius.
- Lineritas +10 mV/°C.
- Akurasi 0,5°C pada suhu ruang.
- Dioperasikan pada catu daya 4 V - 30 V.
- Arus yang mengalir kurang dari 60µA.

2.2.4 Sensor Salinitas TDS/Konduktivitas

TDS merupakan alat untuk mengukur jumlah padatan dalam satuan ppm (mg/l) yang ditunjukkan dalam angka digital pada terkandung didalam TDS adalah:

1. 100 ppt : air minum mineral
2. 0 – 100 ppt : air minum
3. 0 – 10 ppt : air murni
4. 0 ppt : air organik

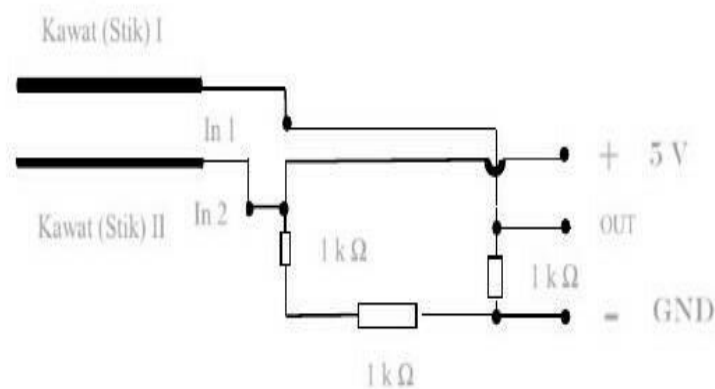
Sensor TDS yang digunakan adalah sensor konduktivitas, sensor ini memiliki dua buah *probe* (elektroda) yang dihubungkan untuk mendapat nilai konduktansi larutan yang akan diukur. Probe akan dialiri arus listrik jika diberi beda potensial berbentuk sinusoidal, Kemudian rangkaian pemroses sinyal yang memberikan sumber tegangan AC konstan pada probe akan mengkonversi nilai konduktansi menjadi tegangan^[15]. Berikut gambar (2-17) menunjukkan gambar sensor TDS.



Gambar (2- 17) Sensor TDS

2.2.4.1 Prinsip Kerja Sensor TDS/Konduktivitas

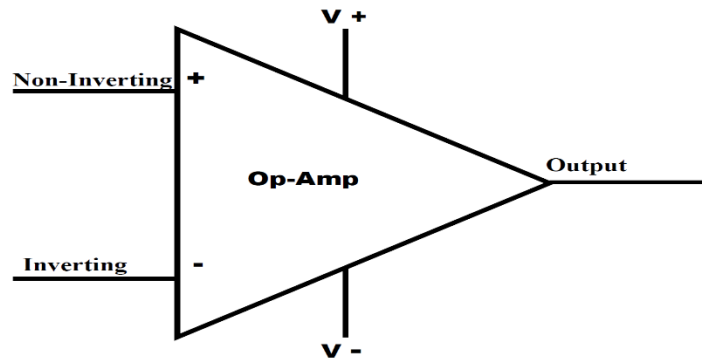
Sensor TDS menggunakan metode *Electrical Conductivity*, dimana dua buah probe dicelupkan ke dalam tambak kemudian dengan rangkaian pemroses sinyal akan menghasilkan output yang menunjukkan besar konduktivitas dari air tambak dengan menunjukkan angka normal kadar garam pada tambak yaitu 15 – 25 ppm. Sensor ini memiliki 3 pin yaitu pin DATA, VCC, dan GND. Pin DATA dihubungkan pada pin analog PLC (A0) sedangkan VCC dihubungkan dengan pin *output* regulator dan GND dihubungkan dengan pin ground regulator. Gambar (2-18) diatas menunjukkan gambar rangkaian sensor Konduktivitas/TDS.



Gambar (2-18) Rangkaian Sensor Konduktivitas/TDS

2.2.5 Penguat Sinyal (*Operational Amplifier*)

Rangkaian pengkondisi sinyal merupakan rangkaian yang memanfaatkan komponen op-amp digunakan untuk mengubah besaran sesuai yang diinginkan. Dalam penerapannya sensor digunakan sebagai input dari pengkondisi sinyal. Sebelum masuk ke PLC harus terlebih dahulu dilakukan adanya pengkondisian sinyal yang berfungsi sebagai penguat atau pengaman dan mengubah tegangan keluaran dari *output* sensor. Gambar (2-19) diatas menunjukkan gambar simbol op-amp.



Gambar (2-19) Simbol Op-Amp

Op-amp pada dasarnya adalah sebuah *differential amplifier* (penguat diferensial) yang memiliki dua masukan. *Input* (masukan) op-amp seperti yang telah dimaklumi ada yang dinamakan *input inverting* dan *non-inverting*. Op-amp ideal memiliki *open loop gain* (penguatan *loop* terbuka) yang tak terhingga besarnya. Seperti misalnya op-amp LM741 yang sering digunakan oleh banyak praktisi elektronika, memiliki karakteristik tipikal *open loop gain* sebesar $10^4 \sim 10^5$. Penguatan yang sebesar ini membuat op-amp menjadi tidak stabil, dan penguatannya menjadi tidak terukur (*infinite*). Disinilah peran rangkaian *negative feedback* (umpan balik negatif) diperlukan, sehingga op-amp dapat dirangkai menjadi aplikasi dengan nilai penguatan yang terukur (*finite*). Impedansi input op-amp ideal mestinya adalah tak terhingga, sehingga mestinya arus input pada tiap masukannya adalah 0. Sebagai perbandingan praktis, op-amp LM741 memiliki impedansi input $Z_{in} = 10^6$ Ohm. Nilai impedansi ini masih relatif sangat besar sehingga arus input op-amp LM741 mestinya sangat kecil. Ada dua aturan penting dalam melakukan analisa rangkaian

op-amp berdasarkan karakteristik op-amp ideal. Aturan ini dalam beberapa literatur dinamakan *golden rule*, yaitu :

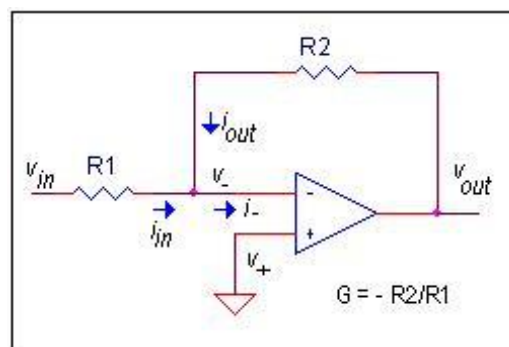
Aturan 1 : Perbedaan tegangan antara input v_+ dan v_- adalah nol ($v_+ - v_- = 0$ atau $v_+ = v_-$)

Aturan 2 : Arus pada input Op-amp adalah nol ($i_+ = i_- = 0$)

Inilah dua aturan penting op-amp ideal yang digunakan untuk menganalisa rangkaian op-amp.

1. *Inverting Amplifier*

Rangkaian dasar penguat *inverting* adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar (2-18), dimana sinyal masukannya dibuat melalui input inverting. Seperti tersirat pada namanya, pembaca tentu sudah menduga bahwa fase keluaran dari penguat *inverting* ini akan selalu berbalikan dengan inputnya. Pada rangkaian ini, umpan balik negatif di bangun melalui resistor R_2 . Gambar (2-20) dibawah ini menunjukkan gambar penguat *inverting*.



Gambar (2-20) Penguat *Inverting*

Input non-inverting pada rangkaian ini dihubungkan ke ground, atau $v_+ = 0$. Dengan mengingat dan menimbang aturan 1 (lihat aturan 1), maka akan dipenuhi $v_- = v_+ =$

0. Karena nilainya = 0 namun tidak terhubung langsung ke ground, input op-amp v_- pada rangkaian ini dinamakan *virtual ground*. Dengan fakta ini, dapat dihitung tegangan jepit pada R_1 adalah $v_{in} - v_- = v_{in}$ dan tegangan jepit pada resistor R_2 adalah $v_{out} - v_- = v_{out}$. Kemudian dengan menggunakan aturan 2, di ketahui bahwa :

$i_{in} + i_{out} = i_- = 0$, karena menurut aturan 2, arus masukan op-amp adalah 0.

$$i_{in} + i_{out} = v_{in}/R_1 + v_{out}/R_2 = 0$$

Selanjutnya

$$v_{out}/R_2 = - v_{in}/R_1 \dots \text{atau} \dots \dots \dots (1)$$

$$v_{out}/v_{in} = - R_2/R_1 \dots \dots \dots (2)$$

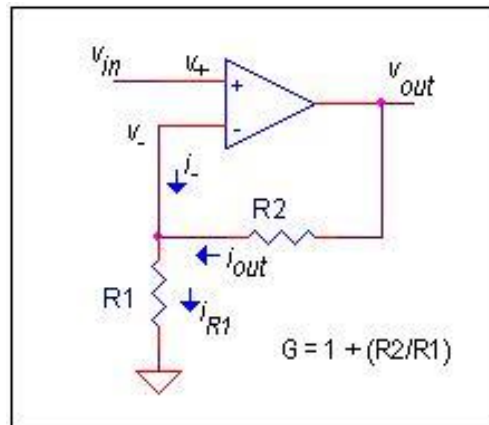
Jika penguatan G didefinisikan sebagai perbandingan tegangan keluaran terhadap tegangan masukan, maka dapat ditulis

$$G = v_{out}/v_{in} = - R_2/R_1 \dots \dots \dots (3)$$

Impedansi rangkaian *inverting* didefinisikan sebagai impedansi input dari sinyal masukan terhadap ground. Karena input *inverting* (-) pada rangkaian ini diketahui adalah 0 (*virtual ground*) maka impedansi rangkaian ini tentu saja adalah $Z_{in} = R_1$.

2. Non-Inverting amplifier

Prinsip utama rangkaian penguat *non-inverting* adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar (2-21) berikut ini. Seperti namanya, penguat ini memiliki masukan yang dibuat melalui input *non-inverting*. Dengan demikian tegangan keluaran rangkaian ini akan satu fasa dengan tegangan inputnya. Untuk menganalisa rangkaian penguat op-amp *non inverting*, caranya sama seperti menganalisa rangkaian *inverting*. Gambar (2-21) dibawah ini menunjukkan gambar penguat *non – inverting*.



Gambar (2-21) Penguat *Non-inverting*

Dengan menggunakan aturan 1 dan aturan 2, kita uraikan dulu beberapa fakta yang ada, antara lain :

$$v_{in} = v_{+}$$

$$v_{+} = v_{-} = v_{in} \dots \text{lihat aturan 1.}$$

Dari sini ketahu tegangan jepit pada R_2 adalah $v_{out} - v_{-} = v_{out} - v_{in}$, atau $i_{out} = (v_{out} - v_{in})/R_2$. Lalu tegangan jepit pada R_1 adalah $v_{-} = v_{in}$, yang berarti arus $i_{R1} = v_{in}/R_1$.

Hukum kirchkof pada titik input inverting merupakan fakta yang mengatakan bahwa :

$$i_{out} + i_{(-)} = i_{R1} \dots \dots \dots (4)$$

Aturan 2 mengatakan bahwa $i_{(-)} = 0$ dan jika disubsitusi ke rumus yang sebelumnya, maka diperoleh

$$i_{out} = i_{R1} \text{ dan Jika ditulis dengan tegangan jepit masing-masing maka diperoleh}$$

$$(v_{out} - v_{in})/R_2 = v_{in}/R_1 \text{ yang kemudian dapat disederhanakan menjadi :}$$

$$v_{out} = v_{in} (1 + R_2/R_1) \dots \dots \dots (5)$$

Jika penguatan G adalah perbandingan tegangan keluaran terhadap tegangan masukan, maka didapat penguatan op-amp non-inverting :

$$G = 1 + R_2/R_1 \dots \dots \dots (6)$$

Impedansi untuk rangkaian Op-amp non inverting adalah impedansi dari input non-inverting op-amp tersebut. Dari datasheet, LM741 diketahui memiliki impedansi input $Z_{in} = 10^8$ to 10^{12} Ohm.

2.2.6 HMI (*Human Machine Interface*)

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dengan mesin. HMI merupakan tempat dimana *user* melakukan pengawasan atau monitoring yang ada pada sistem. Selain itu *user* dapat juga memasukkan input pada tampilan HMI. Beberapa fungsi HMI adalah sebagai berikut :

1. *Setting*

Mengubah nilai ambang dari suatu parameter input (sensor) atau menentukan kondisi output berdasarkan nilai output yang diperoleh.

2. *Monitoring*

Mengawasi kondisi plant secara real time, tampilan plant sesuai hasil pembacaan input dan output.

3. *Take action*

Menjalankan dan menghentikan suatu proses pada sistem.

4. *Data logging dan storage*

Pengambilan dan penyimpanan suatu data dalam koleksi data.

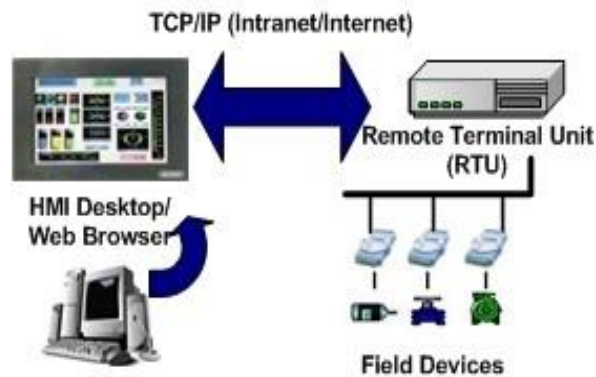
5. *Alarm summary and history*

Menyimpan kondisi alarm sehingga dapat diketahui alasan terjadinya penyimpangan suatu sistem.

6. Trending

Menampilkan grafik dari suatu proses.

Gambar (2-22) menunjukkan interaksi HMI dengan RTU.



Gambar (2 -22) Interaksi HMI dengan RTU

HMI dan RTU melakukan komunikasi dua arah. RTU mengendalikan jalannya proses sistem dengan memantau kondisi input, mengendalikan output, dan menerima permintaan data dari HMI untuk direspon dengan mengirim balik data yang diperlukan HMI. Selain mengirim permintaan data ke RTU, HMI juga mengkonfigurasi *input output* sistem yang akan dipantau, mengatur jadwal data *logging and storage*, mengeksekusi, mengendalikan dan menghentikan proses pada sistem (*take action*) sewaktu-waktu jika diperlukan. Penggunaan protokol komunikasi TCP/IP di antara keduanya, memudahkan proses pada plant dapat diakses dan ditampilkan dalam *desktop browser* atau *web browser*, melalui intranet atau internet^[10].

2.2.6.1 Bagian Dari HMI (*Human Machine Interface*)

Pada tampilan HMI terdapat dua macam tampilan yaitu obyek statis dan obyek dinamis:

- 1) **Obyek Statis** yaitu obyek yang berhubungan langsung dengan peralatan atau database. Contoh: teks statis, *layout* unit produksi.
- 2) **Obyek Dinamik** yaitu obyek yang memungkinkan operator berinteraksi dengan proses, peralatan atau database serta memungkinkan operator melakukan aksi kontrol. Contoh: *push button, lights, charts*.
- 3) **Manajemen Alarm** yaitu Suatu sistem produksi yang besar dapat memonitor sampai dengan banyak alarm dengan banyak alarm tersebut dapat membingungkan operator. Setiap alarm harus di-*acknowledged* oleh operator agar dapat dilakukan aksi yang sesuai dengan jenis alarm. Oleh karena itu dibutuhkan suatu manajemen alarm dengan tujuan mengeleminir alarm yang tidak berarti. Jenis-jenis alarm yaitu:
 - 1) *Absolute Alarm*
 - a. *High dan High-High*
 - b. *Low dan Low-Low*
 - 2) *Deviation Alarm*
 - a. *Deviation High*
 - b. *Deviation Low*
 - 3) *Rate o Change Alarms*
 - a. *Positive Rate of Change*
 - b. *Negative Rate of Change*

1. **Trending**

Perubahan dari variable proses kontinyu paling baik jika dipresentasikan menggunakan suatu grafik berwarna. Grafik yang dilaporkan tersebut dapat secara

summary atau *historical*.

2. Reporting

Dengan *reporting* akan memudahkan pembuatan laporan umum dengan menggunakan *report* generator seperti alarm *summary reports*. Selain itu, reporting juga bisa dilaporkan dalam suatu *database*, *messaging system*, dan *web based monitoring*. Pembuatan laporan yang spesifik dibuat menggunakan *report* generator yang spesifik pula. Laporan dapat diperoleh dari berbagai cara antara lain melalui aktivasi periodik pada selang interfal tertentu misalnya kegiatan harian ataupun bulanan dan juga melalui *operator demand*.

2.2.6.2 Aplikasi Vijeo Designer

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 komputer dan *platform* dan bermacam-macam 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*. Gambar (2-23) dibawah ini menunjukkan gambar *Software Vijeo Designer Versi 6.2*.

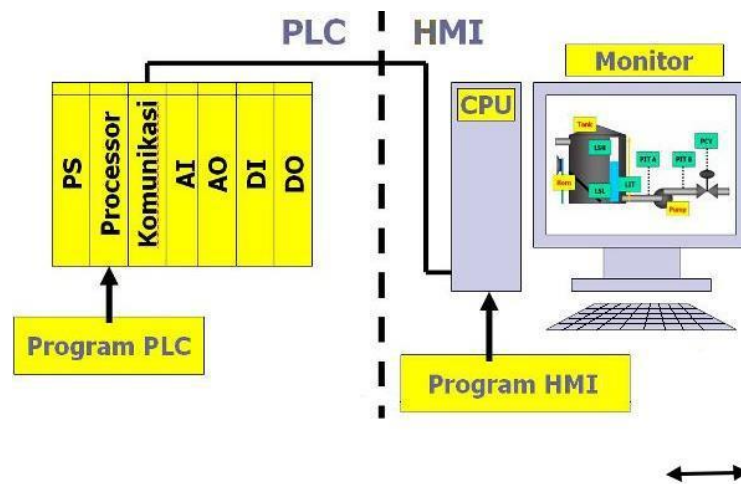


Gambar (2-23) Software Vijeo Designer Versi 6.2

2.2.7 Protokol Komunikasi

PLC yang sudah di isi dengan program sesuai dengan FDS (*Functional Design Spesification*), akan melakukan fungsi logic dan pengontrolannya. melihat kondisi input, lalu megeksekusi programnya dan hasilnya akan di keluarkan ke output. Apabila kita ingin melihat *plant/system* dari sebuah *interface* seperti komputer maka kita bisa memasukkan program HMI di program ini kita bisa menggambar plant yang terdapat di P&ID atau bahkan menggambar sesuai dengan kondisi yang sebenarnya bisa masukkan gambar 2D, 3D bahkan *photo* aktualnya.

Disini kita bisa menarik kabel komunikasi dari PLC ke Komputer dan protocol untuk masing-masing PLC berbeda-beda. Tapi untuk sekarang ini mereka sudah mendukung komunikasi TCP/IP (*Ethernet*) jadi data yang dikirim dan diterima jadi lebih cepat ^[12]. Gambar (2-24) dibawah ini menunjukkan gambar hubungan komunikasi PLC HMI.



Gambar (2-24) Hubungan Komunikasi PLC HMI