KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah S.W.T. atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar dan baik.

Skripsi berjudul "Alat Otomatisasi Pengganti Air Pada aquarium Berdasarkan Kekeruhan dan PH air Menggunakan PLC" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Terselesaikannya skripsi ini tentunya tidak lepas juga dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan segala kerendahan hati, penyusun menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orangtuaku (Papa dan Mama) yang tiada henti-hentinya selalu memberikan semangat serta doa.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak M. Azis Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak M. Aziz Muslim. ST., MT., Ph.D. dan bapak Goegoes Dwi Nusantoro. ST.,MT. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah memberikan ide, bimbingan, saran dan masukan hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Sistem Kontrol serta segenap bapak dan ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Fitriana Suhartati, ST., MT.. Selaku KA.LAB Sistem Kontrol yang memberikan banyak masukan dan motivasi buat saya dan teman2 lab.
7. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2005 dan teman-teman asisten Laboratorium Sistem Kontrol yang telah banyak membantu, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

8. Teman-teman di Sigura-gura Barat 1 no 7. Bondan, Wahyu, Pram, Indra Prahara, Indra fakhruddin, Mahendra, Nanda, Ajoy, Bram. Yang telah menemaniku selama ini dalam suka dan duka.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata, penyusun mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya dan seluruh pembaca pada umumnya.

Malang, 28 Juli 2010

Penyusun

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR TABEL viii
ABTRAKSI ix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan 3
1.5 Sistematika Pembahasan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Parameter Kualitas Air Tawar 5
2.1.1 Suhu 5
2.1.2 Derajat Keasaman (pH) 6
2.1.3 Kandungan Karbondioksida (CO_2) 7
2.1.4 Kandungan Oksigen(O_2) 8
2.1.5 Kandungan Material Beracun 9
2.1.6 Penjelasan air bersih dan air kotor 9
2.2 Kekeruhan (*Turbidity*) 13
2.2.1 Pengertian Kekeruhan 13
2.2.2 Hubungan Kekeruhan terhadap perubahan pH 14
2.2.3 Efek Cahaya terhadap air keruh 15
2.3 Sensor Fotodioda 16
2.4 Sensor pH 16
2.4.1 Elektroda Calomel (SCE) 16
2.4.2 Elektroda Gelas 16
2.5 Sensor Level 17
2.6 Pengkondisi sinyal 18
2.6.1 Penguat Operasional 18
2.6.2 Penguat Tak Membalik (*Non Inverting Amplifier*) 18
2.7 Mikrokontroler AT89S51 20
2.8 Saklar 21

2.9 Dioda Pengemisi Cahaya (LED) 21
2.10 Relay 22
2.11 LCD (Liquid Crystal Display) 23
2.12 Analog to Digital Converter (ADC) 24
2.13 Transistor sebagai Saklar 29
2.14 Programmable Logic Controller (PLC) 30
2.14.1 Prinsip kerja PLC 30
2.14.2 Pengawatan dan Bagian-bagian PLC. 31
2.14.3 Persiapan Pemrograman 32
2.14.4 Instruksi Pemrograman 34
2.14.5 Penggunaan Program SYSWIN 38
BAB III METODOLOGI 42
3.1 Studi literatur 42
3.2 Perancangan Alat 43
3.3 Realisasi Pembuatan Alat 43
3.4 Pengujian Alat 44
3.5 Pengambilan Kesimpulan 44
BAB IV PERANCANGAN SISTEM 45
4.1 Tinjauan Umum 45
4.2 Perancangan Sistem Kerja 46
4.3 Miniatur Aquarium 47
4.4 Rangkaian Pengukur Keasaman (pH) 48
4.5 Rangkaian Pengukur Ketinggian 50
4.6 Rangkaian Pengukur Kekeruhan 52
4.7 ADC 0808 52
4.8 Mikrokontroller AT89S51 53
4.8.1 Perencanaan *Clock* 55
4.8.2 Perencanaan Rangkaian *Reset* 56
4.9 Pengkondisi Sinyal Untuk PLC 56
4.10 Rangkaian LCD 57
4.11 PLC (Programmable Logic Controller) 58
4.12 Relay 62
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM 63
5.1 Pengujian Rangkaian Sensor pH 63
5.1.1 Tujuan pengujian 63
5.1.2 Peralatan pengujian 63

5.1.3 Prosedur pengujian 64
5.1.4 Hasil pengujian 64
5.1.5 Analisis hasil pengujian 65
5.2 Pengujian Rangkaian Sensor Level 65
5.2.1 Tujuan pengujian 65
5.2.2 Peralatan pengujian 65
5.2.3 Prosedur pengujian 65
5.2.4 Hasil pengujian 66
5.2.5 Analisis hasil pengujian 67
5.3 Pengujian Rangkaian Sensor kekeruhan 67
5.3.1 Tujuan pengujian 67
5.3.2 Peralatan pengujian 67
5.3.3 Prosedur pengujian 67
5.3.4 Hasil pengujian 68
5.4 Pengujian Rangkaian ADC 70
5.4.1 Tujuan pengujian 70
5.4.2 Peralatan pengujian 70
5.4.3 Prosedur pengujian 70
5.4.3 Hasil pengujian 71
5.4.4 Analisis hasil pengujian 72
5.5 Pengujian Mikrokontroler dan LCD 72
5.5.1 Tujuan pengujian 72
5.5.2 Peralatan pengujian 72
5.5.3 Prosedur pengujian 73
5.5.4 Hasil pengujian 74
5.6 Pengujian Sistem Menggunakan PLC 74
5.6.1 Tujuan pengujian 74
5.6.2 Peralatan pengujian 74
5.6.3 Prosedur pengujian 75
5.6.4 Hasil pengujian 76
BAB VI PENUTUP 87
6.1 Kesimpulan 87
6.2 Saran 87
DAFTAR PUSTAKA 89
LAMPIRAN 90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Standarisasi dari Turbidity 14
Gambar 2.2. Sensor pH 17
Gambar 2.3. Sensor Ketinggian 17
Gambar 2.4. Penguat Operasional 18
Gambar 2.5. Penguat Tak Membalik 19
Gambar 2.6. Blok Diagram AT89S51 21
Gambar 2.7. Simbol LED 22
Gambar 2.8. Rangkaian LED 22
Gambar 2.9. Rangkaian Driver penggerak pompa dan pengaduk 22
Gambar 2.10. Diagram Blok LCD M1632 23
Gambar 2.11. Diagram Blok ADC 26
Gambar 2.12. Analog Digital Conversion 0808 27
Gambar 2.13. Transistor sebagai Saklar 29
Gambar 2.14. Garis Beban DC 29
Gambar 2.15. Fungsi PLC 30
Gambar 2.16. Arsitektur PLC 30
Gambar 2.17. Diagram block prinsip kerja PLC 31
Gambar 2.18. Pengawatan PLC 31
Gambar 2.20. OR LD 37
Gambar 2.21. Kombinasi blok OR LD 38
Gambar 2.22. Hubungan CQM1 dengan PC 39
Gambar 2.23. Konfigurasi konektor RS-232C 39
Gambar 2.24. Diagram Alir Operasi PLC CQM-1 40
Gambar 2.25. Rincian waktu minimal PLC CQM1 40
Gambar 2.26. Rincian waktu maksimal PLC CQM1 41
Gambar 4.1. Blok diagram sistem 46
Gambar 4.2. Prototipe miniatur kolam 47
Gambar 4.3. sensor pH LUTRON PE-03 48
Gambar 4.4. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk Ph 49
Gambar 4.5. Sensor Level (pada saat air kosong) 50
Gambar 4.6. Sensor level (pada saat air penuh) 51
Gambar 4.7. Rangkaian Pengukur Kekeruhan 52
Gambar 4.8. Rangkaian ADC 0808 53
Gambar 4.9. Rangkaian AT89S51 54
Gambar 4.10. Rangkaian clock 56
Gambar 4.11. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk PLC 57
Gambar 4.12. Skema rangkaian LCD 58
Gambar 4.13. Diagram alir variabel pH 59
Gambar 4.14. Diagram alir variabel kekeruhan 60
Gambar 4.15. Diagram alir variabel ketinggian 61
Gambar 4.16. Rangkaian relay 62
Gambar 5.1. Blok diagram pengujian rangkaian sensor pH 64
Gambar 5.2. Blok diagram pengujian rangkaian sensor level 66
Gambar 5.3. Blok diagram pengujian rangkaian sensor kekeruhan 68

Gambar 5.4. Tampilan LCD kondisi sensor photodiode pada kondisi air bersih 68
Gambar 5.5. Tampilan Alat pada kondisi air bersih 69
Gambar 5.6. Tampilan LCD kondisi sensor photodiode pada kondisi air kotor 69
Gambar 5.7. Tampilan Alat pada kondisi air kotor..... 70
Gambar 5.8. Blok diagram pengujian rangkaian ADC..... 71
Gambar 5.9. Diagram alir program pada Mikrokontroler..... 73
Gambar 5.10. Blok diagram pengujian Mikrokontroler dan LCD..... 73
Gambar 5.11. Tampilan data karakter pada LCD 74
Gambar 5.12. Realisasi Miniatur Kolam 75
Gambar 5.13. Blok Diagram Pengujian PLC..... 76
Gambar 5.14. Grafik perubahan kondisi pH terhadap waktu 82
Gambar 5.15. Grafik perubahan kondisi pH terhadap waktu 84
Gambar 5.16. Grafik Hasil pengujian sistem photodioda terhadap waktu 86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Habitat asli beberapa jenis ikan hias air tawar pada kisaran keasaman. 7
Tabel 2.2. Persentase amonia tidak terlarut pada suhu dan pH berbeda 15
Tabel 2.3. Karakteristik Fotodioda 16
Tabel 2.4 Fungsi pin-pin pada LCD M1632 24
Tabel 4.1. Tabel pengalamatan *input* PLC 62
Tabel 4.2. Tabel pengalamatan *output* 62
Tabel 5.1. Hasil pengujian rangkaian sensor pH 64
Tabel 5.2. Hasil pengujian rangkaian sensor level 66
Tabel 5.3. Hasil pengujian rangkaian sensor kekeruhan 68
Tabel 5.4. Hasil pengujian rangkaian ADC 72
Tabel 5.5. Data heksadesimal pada PLC untuk *set point* kondisi pH dan level 76
Tabel 5.6. Hubungan antara I/O pada PLC 77
Tabel 5.7. Data instruksi dalam *statement list* 77
Tabel 5.8. Hasil pengujian sistem pengendalian pH batas atas 81
Tabel 5.9. Hasil pengujian sistem pengendalian pH batas bawah 83
Tabel 5.10. Hasil pengujian sistem photodioda 84

repository.ub.ac.id

ABTRAKSI

M. Chusnul Rizal, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2010. ***"Alat Otomatisasi Pengganti Air Pada Aquarium Berdasarkan Kekeruhan dan PH Air Menggunakan PLC"***. Dosen Pembimbing : **M. Aziz Muslim. ST., MT., Ph. D.** dan **Goegoes Dwi Nusantoro. ST., MT.**

Penggunaan PLC (*Programmable Logic Controller*) yang semakin luas terutama dalam bidang industri dalam proses otomatisasinya, mengakibatkan banyak sekali proses produksi yang semakin dipermudah. Dan tak jarang pula PLC dipergunakan karena merupakan kontroler yang aplikatif dan karena sifatnya yang tahan lama (mampu bertahan pada suhu yang tinggi serta kelembapan yang rendah), mudah dalam *interfacing*, kecepatan proses tinggi dan mudah dalam penggunaannya.

Dalam skripsi ini PLC digunakan dalam bidang perikanan yang pengaplikasiannya dimanfaatkan sebagai kontroler otomatis untuk mengganti air kotor menjadi air bersih pada aquarium. Masukan dari PLC ini terdiri sensor pH, sensor photodioda dan sensor level. Pada sistem ini sensor-sensor yang digunakan merupakan sensor analog dan PLC diposisikan untuk dapat membaca masukan berupa data analog dari keluaran sensor-sensor tersebut. Maka dalam perancangannya, sistem ini memanfaatkan piranti ADC sebagai pengkonversi data analog menjadi data digital sehingga memudahkan PLC untuk membaca keluaran dari sensor-sensor yang digunakan.

Setelah melakukan pengujian, didapatkan rata-rata prosentase kesalahan sensor pH sebesar 0,502% dan sensor level 0,45%. Sedangkan rata-rata prosentase kesalahan keluaran dari ADC sebesar 0,65%. Keluaran digital dari ADC tersebut kemudian digunakan sebagai acuan untuk mengatur kerja aktuator (pompa dan pengaduk) pada sistem ini, sehingga dapat menjaga pH pada *set point* 7 dan level pada *set point* 12 cm. PLC memiliki total waktu 0,146 ms untuk mengeksekusi keseluruhan instruksi yang digunakan dalam diagram tangga pada sistem ini.

Kata Kunci : Kekeruhan, pH, PLC

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan padatnya kesibukan manusia akan segala rutinitas dalam dunia kerja, secara psikologi manusia memerlukan sarana penghilang penat dan kejenuhan yang dapat dinikmati setiap saat selepas melakukan aktifitas yang padat. Memelihara ikan dalam akuarium merupakan salah satu solusi penghilang kepenatan yang dapat ditawarkan. Akuarium merupakan media yang memadukan air dengan keindahan. Memandang akuarium yang bersih, sehat, dan indah dapat menumbuhkan sisi lembut jiwa manusia yang tenang. Air merupakan titik utama dalam pemeliharaan ikan pada akuarium, jika mampu mejaga kualitas air dengan baik maka akan berdampak keberadaan ikan didalamnya sehat dan akuarium yang indah. Terdapat beberapa parameter penentu kualitas air pada akuarium diantaranya adalah : Suhu, pH, Salinitas, Amoniak, Nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3), *General Hardness*, *Carbonate Hardness*, Oksigen (O_2), Karbondioksida(CO_2) dan *Potensial Redoks* (ORP). Diantara parameter tersebut kadar amonia merupakan parameter yang memberi pengaruh terhadap kesehatan ikan dalam akuarium karena amonia bersifat toksin (racun) dan dapat ikut mempengaruhi perubahan pH, perubahan pH sendiri dapat menyebabkan ikan menderita stress. Maka dari itu mengganti air dalam akuarium secara berkala sangat penting sebagai salah satu aspek yang penting menjaga kualitas air agar akuarium tetap sehat.

Sebagai parameter air yang perlu diganti pada tugas akhir ini adalah kekeruhan air dan pH air yang merupakan akibat dari penumpukan sisa makanan dan kotoran ikan, kekeruhan air memiliki dampak kimia meningkatnya kadar Amonia sehingga menyebabkan perubahan pH. Penggantian air umumnya dilakukkan bila filter akuarium tidak mampu lagi menyaring kotoran, hal tersebut juga merupakan tanda busa pada filter harus diganti, penggantian air dapat mengurangi kandungan Amonia dan pH pada akuarium. Proses penggantian air secara manual memerlukan waktu minimal 30 menit dan dapat menyebabkan daerah disekitar akuarium menjadi basah dan kotor, proses penggantian air secara

otomatis akan menghemat waktu dan tenaga juga membuat daerah disekitar akuarium tetap kering dan bersih

Faktor penting dalam kualitas air adalah kadar keasaman (pH) air tersebut, kisaran normal pH air adalah 7-7,5. Pada air aquarium, kadar keasaman (pH) sering berubah-ubah. Hal ini di pengaruhi oleh semakin kotornya air akibat penumpukan sisa makanan dan kotoran ikan. hal ini menyebabkan kondisi udang menjadi stres dan bisa menyebabkan kematian.

Jadi alat otomatisasi pergantian air pada akuarium ini diharapkan dapat menjadi solusi bagi orang yang terlalu sibuk dengan aktivitasnya, sehingga tak memiliki waktu untuk menganti air akuariumnya secara periodik namun ingin tetap menikmati kejernihan dan keindahaannya satiap saat atau bagi orang yang meninggalkan akuarium beserta ikannya saat berpergian. Dalam perancangannya pendeteksi kualitas air tersebut akan didukung perangkat mekanik yang akan membuang air yang ada dalam akuarium dan mengisikan kembali dengan air yang segar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang makalah di atas, maka didapatkan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menggunakan dan memprogram PLC sebagai kontroler otomatis dalam penggantian air pada aquarium.
2. Bagaimana menggunakan sensor pH, sensor fotodioda dan sensor level sehingga dapat bekerja dengan baik pada sistem.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terfokus pada rumusan masalah, maka hal-hal yang berkaitan dengan permasalahan tersebut dibatasi. Adapun batasan masalah dalam skripsi ini adalah:

1. PLC yang digunakan tipe OMRON CQM1 dengan fasilitas 16 *input* dan 16 *output* yang terdapat pada Laboratorium Sistem Kontrol (pengaturan) Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Penyebab kekeruhan adalah pakan dan kotoran ikan.

3. Mikrokontroler hanya difungsikan sebagai penampil data pH,fotodioda dan ketinggian pada LCD dan juga sebagai pengatur aliran data-data tersebut dari ADC ke PLC.
4. Penentuan letak posisi sensor pH, sensor fotodioda dan sensor ketinggian menyesuaikan dengan bentuk miniatur aquarium yang dibuat.
5. Ukuran dimensi alat adalah 40 cm x 20 cm x 20 cm yang terbuat dari bahan kaca.
6. Kadar keasaman yang diatur dalam skripsi ini berada pada range antara 3 – 10. Sedangkan untuk ketinggian air aquarium berada pada range antara 3 - 12 c

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah merancang dan membuat alat kontrol otomatis dengan menggunakan PLC untuk membantu mendeteksi kekeruhan air dan PH air kemudian mengganti air tersebut dengan air bersih.

1.5 Sistematika Pembahasan

Agar penyusunan laporan skripsi ini dapat mencapai sasaran dan tidak menyimpang dari judul yang telah ditentukan, maka diperlukan sistematika pembahasan yang jelas. Pembahasan dalam skripsi ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Menjelaskan teori dasar yang berisi penjelasan tentang teori air bersih, kekeruhan, sensor pH, sensor level, sensor fotodioda, PLC, *driver* rangkaian dan *display*.

BAB III Metodologi

Menjelaskan tentang metodologi penelitian yang terdiri dari studi literatur, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian alat, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Menjelaskan tentang perancangan dan pembuatan alat yang meliputi prinsip kerja alat, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

BAB V **Pengujian Alat**

Menjelaskan tentang pengujian alat dan analisa yang meliputi pengujian tiap-tiap bagian blok sistem dan pengujian sistem secara keseluruhan.

BAB VI **Kesimpulan dan Saran**

Menjelaskan tentang pengambilan kesimpulan sesuai dengan hasil perealisasian dan pengujian alat sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah, serta pemberian saran apabila ada kekurangan dalam sistem kerja alat tersebut sehingga nantinya dapat dikembangkan lagi dengan lebih baik.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Parameter Kualitas Air Tawar

Air merupakan media hidup ikan yang fungsinya hampir sama vitalnya dengan udara bagi manusia, lingkungan air memiliki kisaran yang luas, mulai mata air di puncak gunung hingga perairan laut dalam, disamping memiliki ukuran luasan dan volume yang beragam. Lingkungan tersebut meliputi lingkungan air asin, air payau, serta air tawar. Pengelompokan berdasarkan kadungan garamnya. Perairan laut sangat beragam sebaran geografis, kedalaman, serta sifat fisio-kimianya. Perairan air tawar terdiri dari 2 kategori yaitu habitat lentik (*lentic*) yaitu badan air yang ”diam” seperti danau dan kolam, serta habitat lotik (*lotic*) yaitu badan air yang bergerak seperti mata air dan sungai. Perairan payau merupakan transisi antara perairan tawar dan perairan laut, dijumpai pada estuarin atau muara sungai. Parameter kualitas air meliputi suhu, pH (keasaman), CO_2, O_2 terlarut, serta kandungan material beracun termasuk bahan organik seperti amoniak, nitrit, logam berat maupun kimia sintetis, bila kualitas air buruk akan menyebabkan ikan tidak dapat hidup nyaman seperti bila manusia hidup diudara penuh polusi.

2.1.1 Suhu

Ikan merupakan hewan ektotermik yang berarti tidak menghasilkan panas tubuh, sehingga tubuhnya tergantung atau menyesuaikan pada suhu dilingkungan sekelilingnya (Hoole et al, 2001). Perubahan suhu yang mendadak sebesar 5^{o} C dapat menyebabkan stress pada ikan bahkan kematian (Kordi, 2000). Oleh karena itu pada umumnya selain dilengkapai filter yang berguna untuk membuat air tetap bersih, akuarium juga dapat ditambahkan heater yang berfungsi mempertahankan suhu akuarium. Suhu akuarium umumnya diset antara 27^{o}C-29^{o}C karena pada suhu tersebut ikan air tawar daerah Amazon (Asia Tenggara, Tropis) dapat hidup dengan baik (Atmawinata, 2007).

2.1.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) merupakan suatu ekpresi dari konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam air. Besarannya dinyatakan dalam minus logaritma dari konsentrasi ion H. Sebagai contoh, kalau ada pernyataan pH 6, itu artinya konsentrasi H dalam air tersebut adalah 0.000001 bagian dari total larutan. Tetapi karena ada tanda -(negatif) dibelakang angka tersebut, yang dinilai kurang praktis, maka orang mengalikannya lagi dengan tanda -(minus) sehingga diperoleh angka positif 6. Oleh karena itu, pH diartikan sebagai "- (minus) logaritma dari konsenstrasi ion H".

$$pH = - \log (H+) \qquad (2\text{-}1)$$

Menurut Alaerts dan Santika (1984), pH menunjukkan kadar asam dan basa suatu larutan. Lebih dijelaskan oleh Boyd (1982), pH didefinisikan sebagai negatif logaritma ion hidrogen. Skala pH selalu berkisar antara 0–14. Menurut Hellawel (1986) pH bernilai 7 adalah perairan netral, pada nilai pH 3,5-4 bernilai asam, sedangkan untuk pH 8-10 perairan akan bersifat basa. pH sangat penting sebagai parameter kualitas air karena ia mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air. Selain itu ikan dan mahluk-mahluk akuatik lainnya hidup pada selang pH tertentu, sehingga dengan diketahuinya nilai pH maka kita akan tahu apakah air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan mereka.

Perairan alami mempunyai kisaran pH antara 6,5-9, tetapi tidak semuanya sama dengan kisaran tersebut (Boyd, 1982). Perubahan pH dapat disebabkan oleh aktivitas manusia antara lain masuknya sisa poses industri (limbah), limbah domestik dan lainnya. Pada perairan yang tidak terpolusi nilai pH berkisar antara 4,5-9,5 (anonymous, 2003). Menurut PP No 20 tahun 1990, perairan yang memenuhi baku mutu air sebagai bahan baku air minum memiliki kisaran pH 6-8,5. Perairan yang memenuhi baku mutu air untuk perikanan dan peternakan memiliki kisaran pH antara 6-9.

Secara umum ikan dapat bertahan hidup pada media air dengan pH antara 5,0 sampai dengan 9,5. Tingkat keasaman air untuk reproduksi atau perkembangbiakan yang baik berkisar pada nilai pH 6,5 – 7,0. Kebanyakan akuarium air tawar, airnya sedikit asam (6,5 - 7,0) untuk ikan bertelur dan sedikit basa (7,2 - 7,6) untuk ikan mengandung telur (Atmawinata, 2007). Setiap jenis ikan memiliki kemampuan toleransi yang berbeda terhadap nilai pH. Kemampuan toleransi terhadap nilai pH juga tergantung habitatnya sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Seringkali pada badan air terjadi fluktuasi pH akibat aktivitas organisme didalamnya. Fluktuasi pH yang besar akan berakibat stress pada ikan bahkan kematian. Tidak semua mahluk bisa bertahan terhadap perubahan nilai pH, untuk itu alam telah menyediakan mekanisma yang unik agar perubahan tidak tidak terjadi atau terjadi tetapi dengan cara perlahan. Sistem pertahanan ini dikenal sebagai kapasitas pem-buffer-an.

Tabel 2.1. Habitat asli beberapa jenis ikan hias air tawar pada kisaran keasaman.

Habitat Asli	Keasaman (pH)	Jenis Ikan
Amazon, sungai di Asia Tenggara Indonesia	6,0 – 7,5	Angelfish, Diskus, Rasbora, Killifish, Tetra, rameresim Piranha
Sungai-sungai di Meksiko	7,0 – 8,0	Molly, Maskoki, Koi, Guppy, Platy
Daerah terumbu Florida, danau Tanganyika dan danau Malawi (Afrika)	8,0 – 9,0	Hemichromis, Haplochromis
Amazon, Asia, Indonesia Timur, Afrika	6,5 – 8,5	Blue Acara, Corydoras, Siklid, Gurami, barbus, Cupang, Rainbow

Sumber : Andrew, 1998

2.1.3 Kandungan Karbondioksida (CO_2)

Karbon dioksida dalam air pada umumnya merupakan hasil respirasi dari ikan dan *phytoplankton*. Kadar CO_2 lebih tinggi dari 10 ppm diketahui menunjukkan bersifat racun bagi ikan, beberapa bukti menunjukkan bahwa

karbon dioksida berfungsi sebagai anestesi bagi ikan. Kadar karbon dioksida tinggi juga menunjukkan lingkungan air yang asam meskipun demikian karbon dioksida diperlukan dalam proses pem-buffer-an .

Apabila pH dalam suatu akuarium dikendalikan, terutama, oleh sistem pem-buffer-an karbonat, maka hubungan pH, KH dan CO_2 terlaut akan merupakan hubungan yang tetap. Dengan demikian, salah satu dari parameter tersebut dapat diatur dengan mengatur parameter yang lain. Sebagai contoh nilai pH dapat diatur dengan mangatur KH atau kadar CO_2. Suatu sistem CO_2 injektor, misalnya, dapat digunakan untuk mengatur pH dengan cara mengatur injeksi CO_2 sedemikian rupa apabila nilai pH nya mencapai nilai tertentu. Dalam hal ini KH dibuat tetap. CO_2 digunakan oleh tanaman atau terdifusi ke atmosfer, akibatnya pH naik. Dengan sistem otomatis seperti disebutkan sebelumnya maka sistem injeksi CO_2 akan berjalan sedemikian rupa disekitar nilai pH tertentu, untuk menjaga kadar CO_2 yang memadai.

2.1.4 Kandungan Oksigen(O_2)

Oksigen diperlukan ikan untuk katabolisme yang menghasilkan energi bagi aktivitas seperti berenang, reproduksi dan pertumbuhan. Dengan demikian, konversi pakan dan laju pertumbuhan sangat ditentukan oleh ketersediaan oksigen. Jumlah volume air dan kepadatan tebaran mempengaruhi ikan terhadap kebutuhan akan oksigen. Kandungan oksigen dalam air akan sangat menurun akibat : peningkatan suhu, padat tebaran ikan terlalu tinggi, kelebihan pakan, kandungan bahan organik pada badan air tinggi (Irianto, 2005).

Pada akuarium pemenuhan kebutuhan oksigen terlarut dapat dipenuhi oleh sirkulasi air yang tepat dan sirkulasi udara yang cukup pada permukaan air. Namun meskipun udara mengandung hampir 21% oksigen tetapi proses difusi kedalam air relatif lambat. Maka pada kondisi tersebut diperlukan sebuah pompa udara (aerator) atau pompa filter untuk aerasi air pada akuarium. Pergantian air dapat pula memberikan kontribusi yang memadai terhadap tambahan oksigen terlarut dalam air.

2.1.5 Kandungan Material Beracun

Amoniak merupakan produk akhir utama katabolisme protein yang disekresikan keluar tubuh ikan melalui insang dan kulit dan ikut berperan pada regulasi ion melalui pertukaran dengan ion Na^+ (Willoughby, 1999). Molekul Amoniak yang tidak terdisosiasi atau terionisasi (NH_3), bersifat toksik bagi ikan. Peningkatan kadar Amoniak terutama berasal dari pemberian pakan yang berlebihan sehingga berakibat pada ekskresi amonia oleh ikan cukup tinggi dan di lain pihak populasi bakteri dekomposer tidak memadai. Pakan dengan kandungan protein yang tinggi menyebabkan kandungan amoniak tinggi, karena amonia merupakan salah satu senyawa N yang dibebaskan melalui ekskreta. Penggunaan air resirkulasi pada sistem tertutup tanpa perlakuan lain selain oksigen, dapat menyebabkan akumulasi amoniak dan menyebabkan keracunan pada ikan. Nitrit (NO_2^-) meskipun kurang toksik dibanding amonia , tetap bersifat merugikan bagi ikan, sifat toksik nitrit disebabkan kemampuannya mengikat Fe^{+2} dalam darah, sehingga dapat mengakibatkan penurunan kemampuan Hemoglobin dalam mengikat Oksigen.

Nitrat diproduksi dalam akuarium, terutama oleh bakteri *Nitrobacter*. Bakteri tersebut mengubah amoniak yang toksik, dan nitrit menjadi nitrat. Suatu kadar nitrat yang tinggi dalam air menunjukkan adanya penambahan buangan (kotoran) ikan dan senyawa-senyawa organik yang memperburuk kualitas air dan memberi kontribusi pada kemungkinan berkembangnya penyakit ikan. Nitrat yang berlebihan juga dapat memproduksi sumber nitrogen yang dapat menstimulasi berkembangnya ganggang (*algae*).

2.1.6 Penjelasan air bersih dan air kotor

2.1.6.1 Air Bersih

Air selain merupakan kebutuhan pokok bagi manusia , juga dapat menjadi sarana penyebaran penyakit ataupun keracunan. Air bersih yang sehat harus memenuhi persyaratan Peraturan Menteri Kesehatan No 416/MENKES/PER/IX/1990. Adapun persyaratan air bersih sbb:

1.Syarat Fisik :

- Jernih

- Tidak berwarna
- Tidak berasa
- Tidak berbau
- Temperatur tidak melebihi suhu udara.

2. Syarat Kimia :

- Tidak mengandung unsur kimia yang bersifat racun.
- Tidak mengandung zat yang menimbulkan gagngguan kesehatan.

3.Syarat Bacteriologis :

Tidak mengandung Kuman parasit, Kuman patogen, Bacteri Coli.

4. Syarat Radio aktif :

Tidak mengandung sinar alfa, sinar gama

2.1.6.2 Air Kotor

Pengertian :

1. secara fisik:
   - warnanya keruh
   - berbau
   - berasa jika diminum
2. secara kimia:
   - memiliki kadar pH yang tinggi,
   - memiliki kandungan mineral yang tinggi/ miskin kandungan mineral
3. secara mikrobiologi:
   terkontaminasi oleh bakteri pathogen, misalnya, bakteri E coli yang bisa menyebabkan diare dan salmonela yang bisa mengakibatkan tipus.

a. Karakteristik Fisik

1. Zat padat

Zat padat dalam air limbah adalah semua zat padat yang tetap tinggal sebagai residu pada pemanasan 103 – 105° C dalam laboratorium.

2. Bau

Bau dalam air limbah disebabkan dalam gas – gas hasil dari dekomposisi zat – zat organik dalam air limbah. Air limbah yang baru tidak

berbau atau sedikit berbau sedangkan air limbah yang lama dan membusuk sering berbau sangat menyengat hidung.

3. Suhu

Air limbah pada umumnya mempunyai suhu yang lebih tinggi daripada suhu udara setempat. Suhu air limbah merupakan parameter penting, sebab efeknya dapat mengganggu dan meninggalkan reaksi kimia kehidupan akuatik.

4. Warna

Air limbah yang baru biasanya bewarna abu – abu, namun apabila bahan organik mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme dan oksigen terlarut turun hingga nol, maka air limbah tersebut berubah warna menjadi hitam.

b. Karakteristik Kimia

1. Bahan organik

Bahan organik yang dijumpai dalam air limbah terdiri atas 65 % protein, 25 % karbohidrat, dan 10 % lemak atau minyak (Sugiharto, 1987). Minyak dan lemak dapat dijumpai dalam air limbah domestic yang berasal dari makanan yang tidak dapat larut di dalam air melainkan mengapung di atas permukaan air sehingga menutupi permukaan air bila dibuang ke sungai. Lapisan ini dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, tetapi memerlukan waktu yang cukup lama.

2. BOD (Biologycal Oxygen Demand)

BOD merupakan ukuran banyaknya oksigen dalam air yang digunakan mikroba air untuk menguraikan bahan organik baik langsung maupun tidak langsung atau dalam artian lain, BOD yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan air untuk mendegradasi bahan buangan organic yang ada dalam lingkungan tersebut (Wisnu, 1999). Untuk limbah rumah tangga BODnya lebih rendah karma jumlah bakteri dalam air kotor lebih banyak, otomatis konsumsi oleh bakteri lebih besar.

3. DO (Dissolved Oxygen)

DO adalah oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut adalah kebutuhan dasar untuk kehidupan di dalam air (ikan dan tanaman air). Konsentrasi oksigen terlarut bergantung pada suhu dan tekanan atmosfir, sehingga semakin tinggi suhu air maka semakin rendah kadar oksigen yang terlarut dalam air. Air

limbah biasanya memiliki suhu yang lebih tinggi dari air biasa, sehingga air limbah memiliki oksigen yang terlarut lebih rendah daripada air biasa.

4. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan – bahan organik secara kimiawi yang terdapat di dalam air dengan sempurna. Kadar COD dalam air buangan rumah tangga adalah rendah, hal itu karena proses oksidasi dalam air kotor hanya memerlukan oksigen yang rendah.

5. Ph (Puissance d'Hydrogen Scale)

Ph adalah ukuran yang menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan. Air limbah pada umumnya mempunyai Ph netral yang disebabkan adanya buffer air. Limbah atau air buangan rumah tangga mempunyai ph < 7 atau bersifat asam. Adapun pH yang baik untuk air minum maupun air limbah adalah netral (7).

2.1.6.3 Zat kimia yang sering terdapat dalam air

1. Derajat keasaman (PH) :

- Standar yang masih diperbolehkan : 6,5 – 8,5. Air murni biasa mempunyai Ph = 7
- Apabila PH kurang dari 6,5 atau lebih dari 8,5 mengakibatkan :
- Korosifitas pada pipa aiar yang terbuat dari logam.
- Beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun.
- Mempengaruhi pertumbuhuan beberapa mikroba dalam air

2. Besi (Fe) :

Kandungan besi dalam air yang diperbolehkan : 0,1 – 1,0 ppm apabila melebihi 0,5 ppm, mengakibatkan :

- Warna air menjadi kemerah merahan
- Memberi rasa tidak enak pada minuman
- Pembentukan endapan pada pipa logam dan bahan cucian

3.Mangan (Mn) :

Kandungan mangan dalam air yang diperbolehkkan : 0,05 -0,5 ppm, apabila melebihi 0,5 ppm mengakibatkan :

- Meninggalkan noda kecoklatan pada pakaian

- Kerusakan hati

4.Chlorida (Cl) :

Kandungan khlorida yang diperbolehkan 200- 600 ppm dalam jumlah kecil dibutuhkan sebagai desinfektan, apabila berkaitan dengan ion natrium menimbulkan :

- Rasa asin
- Merusak pipa air

5. Sulfida (H2S) :

Kandungan sulfida dalam air harus nol ppm, karena sangat beracun dan berabau busuk. Dalam jumlah besar dapat menimbulkan / memperbesar keasaman sehingga menyebakan korosifitas pada pipa air.

6. Amonium (NH4) :

Kandungan amonium dalam air harus nol ppm. Kandungan senyawa ini dapat menimbulkan bau yang sangat tajam dan menusuk hidung.

7. Nitrit (NO2) :

Nitrit adalah senyawa kimia yang tergolong kimia beracun. Kandungan nitrit harus nol ppm. Adanya bahan kimia ini diadalam air dapat menimbulkan terbentuknya methaemoglobin dalam darah sehingga menghambat perjalanan oksigen dalam tubuh.

2.2 Kekeruhan (*Turbidity*)

2.2.1 Pengertian Kekeruhan

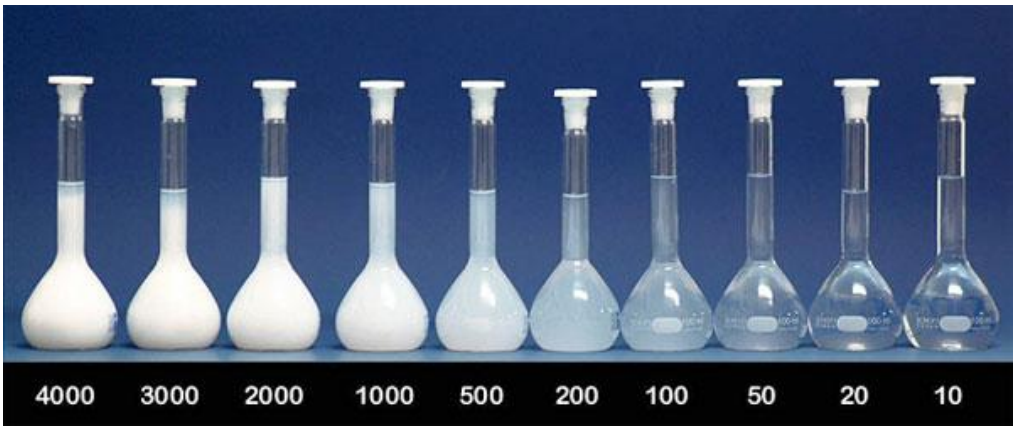
Menurut Sugiharto (1987), air limbah terdiri dari 99% air dan 1% adalah bahan atau zat padat, dimana secara analitik kandungan zat padat didalam air dipisahkan menjadi 3 golongan besar yaitu:

1. Golongan padat yang mengendap (tersuspensi)
2. Golongan zat padat yang tercampur (koloid)
3. Golongan zat padat terlarut

Kekeruhan terjadi disebabkan adanya zat-zat koloid yaitu zat yang terapung serta terurai secara halus sekali. Hal ini disebabkan pula oleh kehadiran zat organik, jasad-jasad renik, debu, dan zat koloid yang serupa atau benda terapung yang tidak mengendap dengan segera.

Kekeruhan diukur dalam satuan FTU (*Formazin Turbidity Unit*) atau NTU (*Nepheleometric Turbidity Unit*), seperti halnya panjang dan berat kekeruhan pun memiliki standarisasi. Eropa dan Amerika memiliki biro yang mengeluarkan standarisasi kekeruhan (*turbidity*), yaitu Eroupean Brewing Convention (Eropa) dan the American Society of Brewing Chemists (ASBC-FTU) utuk Eropa. Sebagai standar ukuran untuk *turbidity* diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Dalam kehidupan ikan diakuarium air yang keruh merupakan tanda berubahnya nilai parameter-parameter kualitas air kearah yang merugikan, karena air keruh banyak mengandung partikel-partikel yang diantaranya merupakan kandungan material beracun seperti yang telah dijelaskan pada bagian 2.1.7. dengan mengganti air keruh dengan air yang segar nilai parameter kualitas air akan kembali normal dan air layak sebagai media hidup ikan, selain itu mengganti air dapat menyebabkan kandungan material beracun dapat hilang.



Gambar 2.1. Standarisasi dari Turbidity

Sumber : OPTEK, 2007

2.2.2 Hubungan Kekeruhan terhadap perubahan pH

Pakan ikan buatan pada umumnya merupakan butiran kecil yang disebut pelet. Kandungan pelet minimal 25% merupakan protein yang berguna bagi pertumbuhan ikan (Ghufran dan Kordi, 2004), pemberian pakan yang berlebihan atau pakan yang tidak termakan akan larut dalam air, hal ini menyebabkan air yang semula jernih akan keruh. Pemberian pakan berlebihan juga berdampak peningkatan kadar amonia, karena dengan banyaknya pakan sekresi amonia oleh ikan juga tinggi. (Irianto, 2005)

Dalam air Molekul amonia yang tidak terdisosiasi atau terionisasi (NH_3), bersifat sangat toksik bagi ikan sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa ammonia merupakan kandungan material beracun. Amonia bersifat basa lemah, pada lingkungan perairan dengan pH 7.5, disosiasi amonia diperlihatkan sebagai berikut :

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- \qquad (2\text{-}7)$$

1,3% 98,7%

Tabel 2.2 menunjukkan persentasi amonia yang tidak terdisosiasi pada perbagai nilai pH dan suhu. Dibawah pH 7.0 jumlah amonia yang tidak terdisosiasi kecil, tapi pada pH > 7,0 kehadiran amonia hampir dipastikan berbahaya bagi kesehatan ikan. (Irianto, 2005)

Tabel 2.2. Persentase amonia tidak terlarut pada suhu dan pH berbeda

Suhu (°C)	Nilai pH							
	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
0	0,008	0,060	0,083	0,261	0,820	2,55	20,7	45,3
5	0,013	0,040	0,125	0,400	1,230	3,80	28,3	55,6
10	0,019	0,090	0,186	0,590	1,830	5,56	37,1	65,1
15	0,027	0,087	0,273	0,860	2,670	7,97	46,4	73,3
20	0,040	0,125	0,400	1.240	3,820	11,20	55,7	79,9
25	0,057	0,180	0,570	1,770	5,380	15,30	64,3	85,1
30	0,081	0,254	0,800	2,480	7,460	20,30	71,8	89,0

Sumber : Munro (1978).

2.2.3 Efek Cahaya terhadap air keruh

Air keruh dapat menyebabkan transmisi cahaya mengalami penurunan intensitas, karena sifat air keruh yang mengabsorpsi sebagian cahaya yang lewat, akibat fenomena tersebut maka dapat dimungkinkan perubahan parameter kualitas air dalam akuarium dapat dideteksi melalui kekeruhan air, yang secara elektronik dapat dilakukkan dengan bantuan sensor cahaya.

Cahaya yang digunakan untuk menentukan kekeruhan berasal dari lampu lampu kedap air (*submergedlamp*) yang dapat tenggelam dalam air, lampu dapat diperoleh ditoko-toko yang menjual peralatan dan asesori akuarium dan sangat mudah didapat. Lampu ini memiliki daya 6W dengan sumber tegangan jala-jala, sehingga pemakaiannya praktis dan ekonomis.

2.3 Sensor Fotodioda

Detektor berfungsi untuk mengubah sinyal radiasi yang diterima menjadi sinyal elektronik, yaitu berupa sensor fotodioda. Pada Tabel 2.3 diperlihatkan karakteristik dari Fotodoida secara umum. Pada perancangan alat ini digunakan fotodioda yang dapat digunakan untuk mendeteksi cahaya tampak dan juga monokromatis. Fotodioda mempunyai respon yang sangat cepat, yaitu 3 ns.

Tabel 2.3. Karakteristik Fotodioda

Fotodiode
$I_p = I_{ph}$ ~ 0.5 mA
Linier
No Gain
Small Size Active Area ~.87mm
Low noise
Fast Response Tr~3.0 ns

Sumber: lincheng, 2007

2.4 Sensor pH

2.4.1 Elektroda Calomel (SCE)

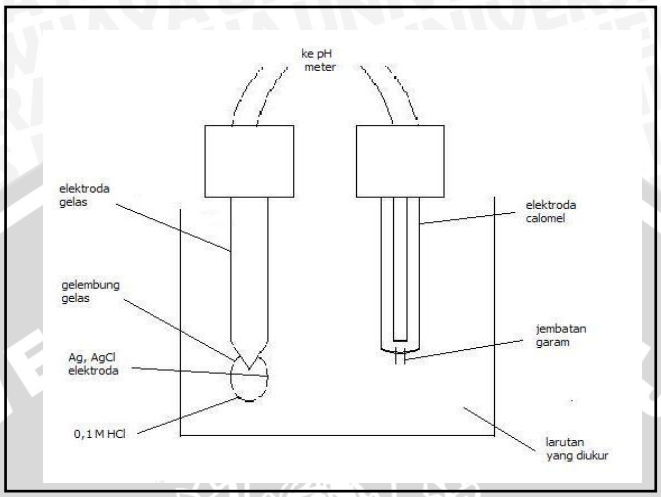
Elektroda ini merupakan jenis elektroda referensi yang terbuat dari larutan yang telah dijenuhkan dengan calomel (merkuri klorida) dan potasium klorida, serta ditempatkan di atas lapisan merkuri (seperti terlihat dalam gambar 2.1). Elektroda ini digunakan bersama-sama dengan elektroda indicator, di mana dari kedua elektroda tersebut akan timbul perbedaan tegangan.

2.4.2 Elektroda Gelas

Elektroda gelas terdiri dari gelembung gelas yang sensitif pH pada ujungnya, berisi larutan klorida yang diketahui pHnya dan elektroda referensi. Biasanya berupa perak atau perak klorida atau calomel. Bahan gelas terbuat dari komposisi gelas khusus, yaitu sebagian dihidrasi alumunium silikon yang mengandung ion sidium atau kalsium dan sebagian kecil ion lantanida.

Bagian dalam dari gelas akan kontak dengan larutan 0,1 m HCl dan bagian luar kontak dengan larutan yang diukur pHnya. Pada setiap permukaan, membran gelas akan menyerap air dan membentuk lapisan gel. Ion hidrogen dari larutan dapat berdifusi melalui lapisan gel dan mengganti (pertukaran ion) ion sodium

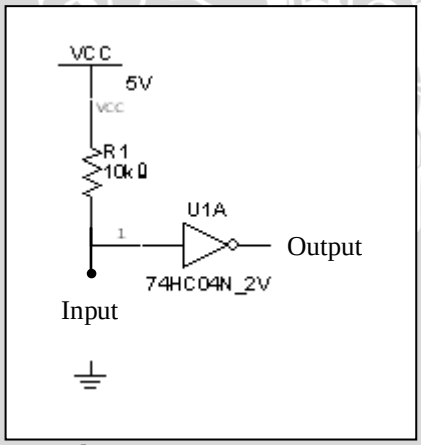
atau logam lain dalam struktur gelas. Hasil akhir dari proses difusi dan pertukaran ion adalah fase pengikatan tegangan pada kedua sisi membran gelas akan berubah, di mana besarnya ditentukan oleh aktivitas ion hidrogen dalam larutan yang diukur.



Gambar 2.2. Sensor pH

2.5 Sensor Level

Rangkaian sensor ketinggian yang digunakan dapat dilihat dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Sensor Ketinggian

Sumber : Perancangan

Sensor ini bekerja untuk mendeteksi level ketinggian air yang digunakan sebagai *input* dari PLC. Ketika *input* rangkaian sensor terhubung dengan air yang disambungkan dengan *ground* maka keluaran dari IC TTL 74HC04 akan berlogika *low* (0 volt) sedangkan ketika tidak ada air yang mengenai *input*

rangkaian sensor maka *output* dari IC TTL akan berlogika *high* (5 volt). Data sensor ini dikirim melalui IC MAX 485 yang dialamatkan oleh mikrokontroller AT89S51 sebagai *input* dari PLC.

2.6 Pengkondisi sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal dibentuk berdasarkan hubungan yang linier antara tegangan keluaran dan tegangan masukan rangkaian. Hubungan ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan garis lurus, yaitu:

Vout = mVin + Vo

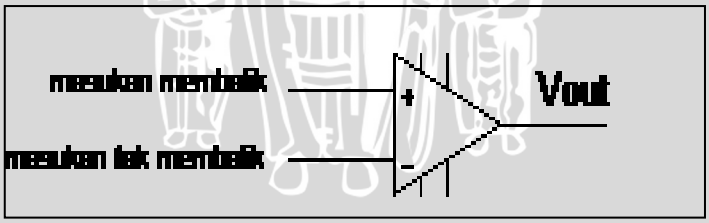
Dengan : m adalah kemiringan garis yang menyatakan penguatan

Vo adalah tegangan *offset* keluaran

2.6.1 Penguat Operasional

Keluaran suatu rangkaian sebelum masuk ke rangkaian berikutnya jika sinyalnya masih kecil membutuhkan suatu penguat. Peralatan elektronika yang sering dimanfaatkan sebagai penguat adalah penguat operasional (seperti terlihat dalam Gambar 2.4). Karakteristik op-am yang terpenting adalah :

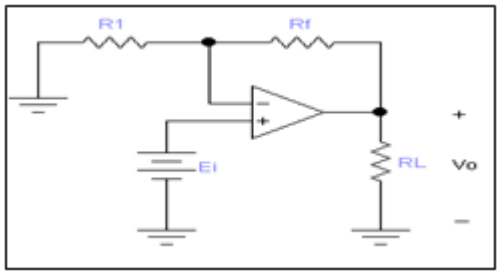
- Impedansi masukan amat tinggi, sehingga arus masukan dapat diabaikan
- Penguatan tinggi
- Impedansi keluaran rendah, sehingga keluaran penguat tidak terpengaruh oleh pembebanan.



Gambar 2.4. Penguat Operasional

2.6.2 Penguat Tak Membalik (*Non Inverting Amplifier*)

Penguat umpan balik tegangan tak membalik adalah penguat tegangan yang mendekati ideal karena impedansi masukan tinggi, impedansi keluarannya rendah dan bati tegangannya yang mantap. Pada penguat jenis ini sinyal masuk menggerakkan masukkan tak membalik dari penguat, sebagian dari tegangan keluar kemudian dicuplik dan diumpankan kembali ke masukan membalik (seperti terlihat dalam Gambar 2.5).



Gambar 2.5. Penguat Tak Membalik

Tegangan keluaran Vo mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukan Ei. Tahanan masukan dari masukan pembalik adalah Ri tetapi tahanan masukan dari masukan tak membalik adalah besar, biasanya melebihi 100 MΩ. karena tegangan antara masukan (+) dan masukan (-) secara praktis adalah 0 maka kedua masukan itu berada pada potensial yang sama yaitu Ei. Karena Ei melintasi R1 dan Ei menyebabkan arus I mengalir seperti diberikan oleh

$$I = \frac{Ei}{R1} \quad \text{..... (2-3)}$$

Arah I tergantung pada polaritas Ei, arus yang mengalir lewat masukan (-) diabaikan karenanya I mengalir melalui Rf dan penurunan tegangan melintasi Rf dinyatakan oleh VRi dan dinyatakan sebagai

$$VRf = I.(Rf) = \frac{Rf}{R1} xEi \quad \text{..... (2-4)}$$

Maka tegangan keluaran Vo adalah

$$Vo = Ei + \frac{Rf}{R1}.Ei \quad \text{..... (2-5)}$$

$$Vo = \left(1 + \frac{Rf}{R1}\right).Ei \quad \text{..... (2-6)}$$

dengan begitu gain teganganya yaitu

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Ei} = 1 + \frac{Rf}{R1} \quad \text{..... (2-7)}$$

Keterangan:

Ei = Tegangan Masukan

Ri = Tahanan Masukan dari Masukan Pembalik

Rf = Tahanan Referensi

2.7 Mikrokontroler AT89S51

Secara umum, mikrokontroler berfungsi sama dengan komputer. Bedanya adalah mikrokontroler memiliki desain dalam sebuah *single chip* (IC). Mikrokontroler terdapat di hampir semua peralatan elektronik, didalam tape, TV, radio, telepon genggam *(Hand Pho*ne) dll. Mikrokontroler memiliki kemampuan yang diperlukan untuk membuat keputusan berdasarkan sinyal dari luar dengan kata lain mikrokontroler merupakan otak dari sebuah perangkat elektronik.

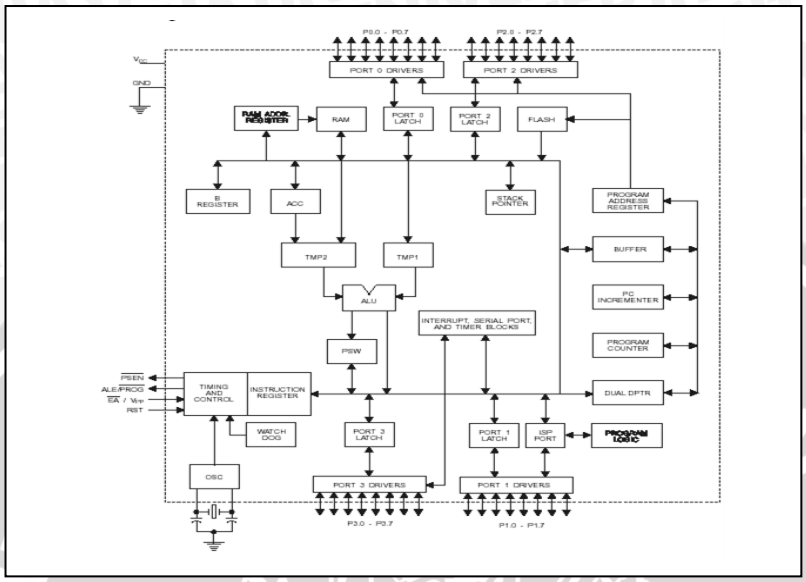
AT89S51 merupakan salah satu mikrokontroler dari buatan ATMEL keluarga MCS-51 yang mempunyai 4 kbyte Flash PEROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*), 128 byte RAM, 32 pin I/O (4 buah *port* I/O bit) yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai dua buah *timer/counter* 16 bit, mempunyai *watchdog timer*, serta dua data *pointer*.

Pada dasarnya mikrokontroler terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk *chip* tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu *chip* (*single chip*). Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU.

Sebagai suatu sistem kontrol, mikrokontroler AT89S51 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor didalamnya tidak terdapat keduanya. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut :

- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari Atmel.
- Memiliki memori baca-tulis (RAM) sebesar 128 *byte*.
- Empat buah *programmable port* I/O, masing-masing terdiri atas 8 buah jalur I/O.
- Sebuah *port* serial dengan kontrol *full duplex.*
- *Reprogrammable Flash memory* yang besarnya 4 kbyte untuk memori program.
- Mampu beroperasi sampai 24 MHz.

AT89S51 adalah mikrokontroler mempunyai kompabalitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler MCS-51. Blok diagram MCS-51 ditunjukan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Blok Diagram AT89S51

Sumber: *Anonymous:2001,3*

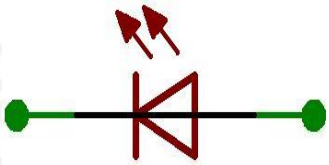
2.8 Saklar

Saklar yang dioperasikan secara manual adalah saklar yang dikontrol dengan tangan. Saklar tombol tekan adalah bentuk paling umum dari pengendali manual yang ditemui diindustri. Pada kenyataanya di dalam industri, saklar tekan/*push button* (PB) adalah bagian dari piranti listrik yang terdiri atas tombol yang harus ditekan terlebih dahulu untuk dapat mempengaruhi suatu operasi.

Saklar tombol tekan terdiri dari dua keadaan, *normally open*(NO) dan *normally closed*(NC). Saklar tombol tekan NO akan menyambung rangkaian atau menghubungkan rangkaian ketika tombol ditekan, sedangkan Saklar tombol tekan NC akan memutus rangkaian ketika tombol ditekan.

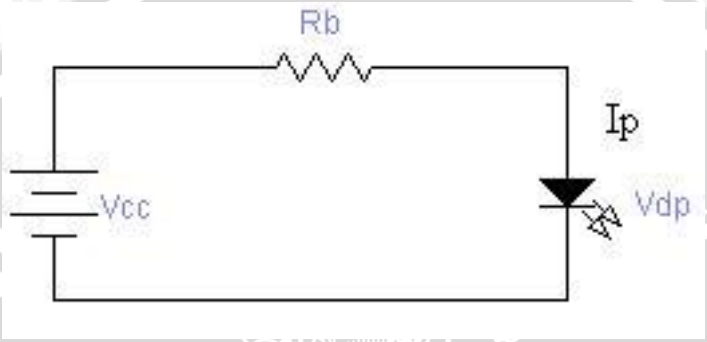
2.9 Dioda Pengemisi Cahaya (LED)

LED (*Light Emitting Diode*) adalah salah satu jenis diode yang memancarkan cahaya infra merah. Emitter cahaya semikonduktor ini menghasilkan cahaya dalam bentuk foton apabila dibias maju. Simbol LED terlihat dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Simbol LED

Penggunaan LED pada umumnya seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



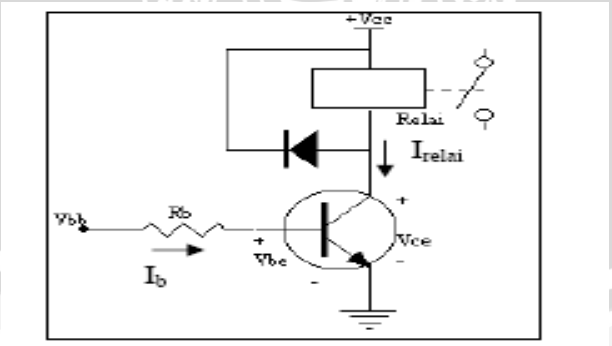
Gambar 2.8. Rangkaian LED

Nilai Rb didapat dengan menggunakan rumus:

$$R_B = \frac{Vcc - Vdp}{Ip} \quad \text{..... (2-8)}$$

2.10 Relay

Relay pada pinsipnya sama dengan sebuah saklar yang diaktifkan dengan memberikan tegangan. Rangkaian yang umum digunakan adalah rangkaian *common* emiter dengan relai sebagai beban, seperti terlihat dalam Gambar 2.9.



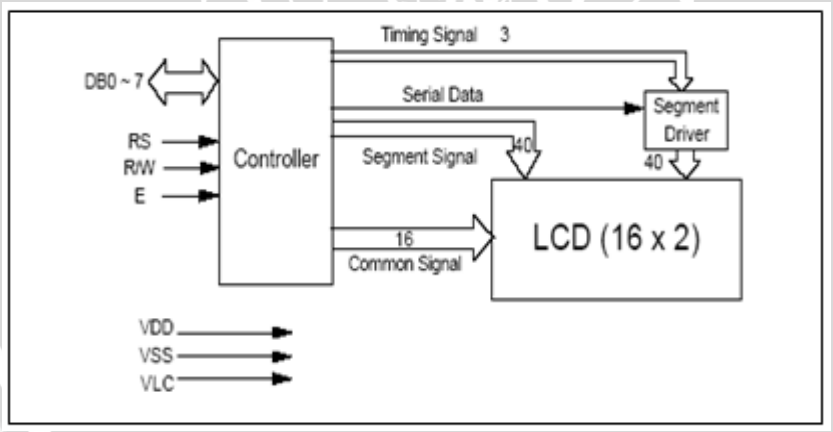
Gambar 2.9. Rangkaian Driver penggerak pompa dan pengaduk

2.11 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD digunakan untuk menampilkan perintah-perintah dalam tahapan pengisian bahan bakar secara mandiri. LCD yang digunakan bertipe M1632 produksi SEIKO instrument inc. corporation. Spesifikasi dari LCD ini adalah sebagai berikut:

- Menampilkan 16 karakter pada tiap baris TN LCD dengan 5 x 7 dot matrik
- Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter
- Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter
- 80 x 8 bit data RAM
- Tegangan catu 5 volt dan temperatur operasi 0 – 50 0 C
- Otomatis reset pada saat dihidupkan

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul LCD ini berupa bus data yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol, yaitu RS, R/W dan E. Sementara pengendali dot matrix LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD. Gambar 2.10 adalah diagram blok dari LCD M1632.



Gambar 2.10. Diagram Blok LCD M1632

Fungsi pin dari LCD M1632 ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.4 Fungsi pin-pin pada LCD M1632

No Pin	Nama Pin	Fungsi
16	V – BL	Sebagai *ground* dari *backlight*
15	V + BL	Sebagai kutub positif dari *backlight*
7 - 14	DB0– DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan.
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0 = tulis 1 = baca
4	RS	Sinyal pemilih register 0 = register instruksi (tulis) 1 = register data (tulis dan baca)
3	Vlc	Untuk mengendalikan kecerahan LCD dengan mengubah Vlc
2	Vcc	Tegangan catu + 5 volt
1	Vss	Terminal *Ground*

2.12 Analog to Digital Converter (ADC)

Analog to Digital Converter atau lebih dikenal dengan ADC adalah sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal-sinyal analog menjadi sinyal - sinyal digital. Karena pada pengontrolan direncanakan berhubungan langsung dengan PLC, maka sinyal-sinyal analog khususnya dari rangkaian pengkondisi sinyal harus terlebih dahulu menjadi sinyal digital sehingga dapat dibaca dan diolah oleh PLC tersebut. IC ADC 0808 dianggap dapat memenuhi kebutuhan dari rangkaian yang akan dibuat. IC jenis ini bekerja secara cermat dengan menambahkan sedikit komponen sesuai dengan spesifikasi yang harus diberikan dan dapat mengkonversikan secara cepat suatu masukan tegangan. Hal-hal yang juga perlu diperhatikan dalam penggunaan ADC ini adalah tegangan maksimum dapat dikonversikan oleh ADC dari rangkaian pengkondisi sinyal, resolusi, pewaktu eksternal ADC, tipe keluaran, ketepatan dan waktu konversinya.

Beberapa karakteristik penting ADC :

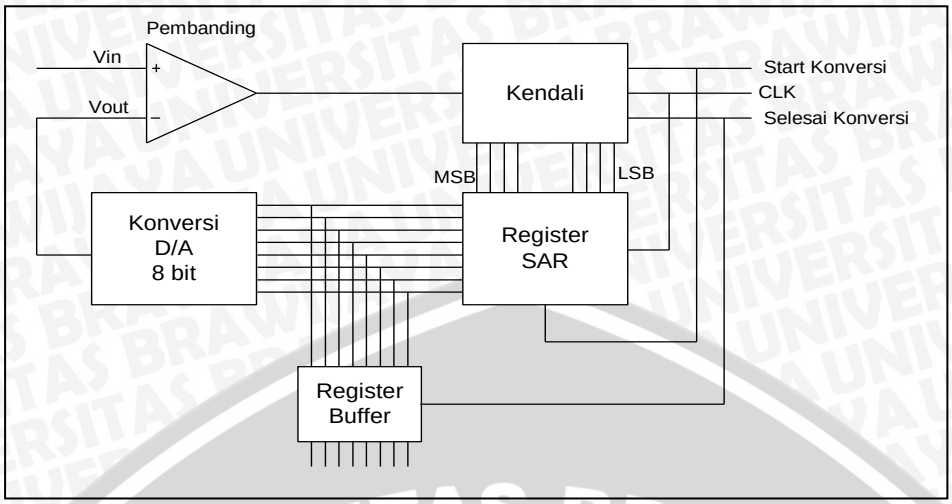
Waktu konversi : Waktu yang diperlukan oleh ADC untuk menghasilkan suatu kode biner yang tepat untuk tegangan masukan yang diberikan. Sebuah konverter disebut berkecepatan tinggi jika memiliki waktu konversi yang pendek.

Resolusi : Perubahan terkecil yang terjadi pada keluaran analog sebagai suatu hasil dari perubahan pada masukan digital. Resolusi selalu sama dengan bobot dari LSB atau disebut juga '*step size*' karena step size merupakan besarnya perubahan tegangan keluaran pada saat kode masukan berubah dari satu *step* ke *step* berikutnya.

Ketidaklinieran : Simpangan maksimum dari garis lurus yang ditarik melalui titik-titik keluaran yang diharapkan.

Akurasi : Perbedaan antara tegangan masukan secara ideal yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan masukan sebenarnya.

Ada banyak cara yang dapat digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang nilainya proposional. Jenis ADC yang biasa digunakan dalam perancangan adalah jenis *successive approximation convertion* atau pendekatan bertingkat yang memiliki waktu konversi jauh lebih singkat dan tidak tergantung pada nilai masukan analognya atau sinyal yang akan diubah. Dalam Gambar 2.11. memperlihatkan diagram blok ADC tersebut.



Gambar 2.11. Diagram Blok ADC

Sumber : Malvino,1986 :344

Proses konversi dimulai dengan memberikan pulsa *start*. Akibat pulsa start ini, logika kendali akan mereset semua register kontrol, sehingga keluaran register sama dengan 0 dan V_{out} = 0 volt. Karena itu $V_{out} < V_{in}$, dan keluaran komparator akan berada pada logika 1. Timbulnya logika 1 ini, maka logika kendali akan mengisikan data konversi dengan coba-coba dimulai dari data MSB (D7) dan kemudian dimasukkan ke register SAR, sehingga data pada register SAR adalah 1000 0000. Keluaran digital ini akan diubah ke dalam bentuk sinyal analog oleh D/A *converter* dan dibandingkan oleh sebuah komparator. Bila nilai konversi ini lebih besar dari V_{in}, keluaran sinyal negatif dari pembanding yang menuju ke rangkaian kendali akan mereset MSB (D7). Jika V_{out} dari konversi kurang dari V_{in}, keluaran positif dari pembanding akan menunjukkan bahwa MSB tetap dalam keadaan tinggi (set).

Jika dalam operasi A/D tersebut nilai MSB tidak direset. Register SAR sekarang menyimpan data 1000 0000. Pulsa detak (CLK) berikutnya akan mereset bit D6 dengan demikian data digital yang ada pada register SAR 1100 0000. Jika V_{out} lebih besar dari V_{in}, keluaran op-amp yang negatif menyebabkan reset dari D6. Jika V_{out} lebih kecil dari V_{in}, D6 tetap bertahan dalam keadaan tinggi (set).

Dalam pulsa-pulsa selanjutnya secara berturut-turut, bit-bit akan diuji. Proses pendekatan ini memerlukan satu periode pulsa *clock* untuk setiap bit yang merupakan salah satu kelebihan dari *successive appoximation* ADC. Jadi jika menggunakan ADC jenis ini dengan 8 bit, maka setiap konversi sinyal diperlukan

8 bit periode pulsa *clock*. Bilamana suatu bit menyebabkan nilai V_{out} melebihi nilai V_{in}, maka bit yang akan bersangkutan akan direset. Secara singkat prinsip kerja dari konverter A/D adalah semua bit-bit diset kemudian diuji, dan bilamana perlu sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Dengan rangkaian yang paling cepat, konversi akan diselesaikan sesudah 8 clock, dan keluaran D/A merupakan nilai analog yang ekivalen dengan nilai register SAR.

Apabila konversi telah dilaksanakan, rangkaian kembali mengirim sinyal selesai konversi yang berlogika rendah. Sisi turun sinyal ini akan menghasilkan data digital yang ekivalen ke dalam register buffer. Dengan demikian, keluaran digital akan tetap tersimpan sekalipun akan di mulai siklus konversi yang baru.

ADC 0808 yang dipakai pada rangkaian ini (seperti terlihat dalam Gambar 2.12) mempunyai kemampuan konversi sebanyak 8 buah *input* analog secara *multiplexing* dan 8 buah output digital. Keistimewaan yang lain adalah mempunyai kecepatan yang tinggi, ketelitian tinggi, dan konsumsi daya rendah (dapat dilihat dalam data sheet).

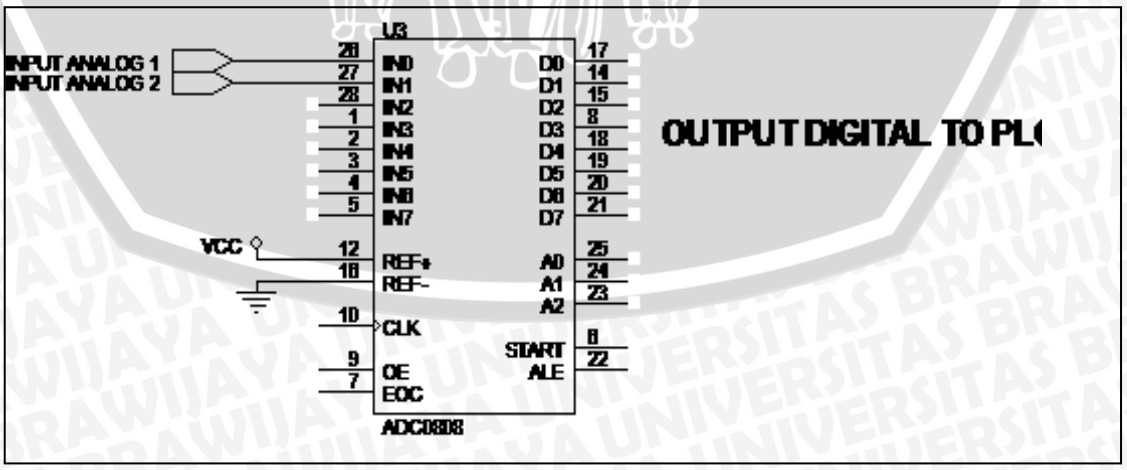
Fungsi masing-masing pin adalah sebagai berikut :

1. *Input Analog*

   Ada sejumlah 8 *input* analog yang dapat dikonversi dengan cara *multiplex,* yakni mengatur kombinasi bit pada pin Add A0, A1, A2.

2. *Addres* A0, A1, A2

   Untuk mengatur pemilihan analog input yang dikonversi, menggunakan pengalamatan pada A0, A1 dan A2 yang sesuai.



Gambar 2.12. Analog Digital Conversion 0808

Sumber : National Data Acquisition Data Book, 1995 : 2-54

3. Clock

   Clock tempat memberikan pengaturan keserempakan kerja dalam internal ADC. Dengan kata lain *clock* berfungsi untuk menentukan kecepatan proses dan tergantung berapa besar frekuensi yang masuk ke ADC. Rangkaian pembangkit *clock* dibentuk dari sebuah Schmitt *trigger*. Untuk menentukan berapa besar frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian schmitt *trigger* ini dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

   $$f_{count} = \frac{1}{RC} \qquad \text{..... (2-9)}$$

   Keterangan :

   f_{count} = Frekuensi *counter* (Hz)

   R = Resistor (Ohm)

   C = Capasitor (Farad)

4. Ref (+) dan Ref (–)

   Tegangan referensi untuk menentukan kenaikan bit keluaran.

5. *Output* 8 bit

   Data *output* berupa data digital hasil konversi adalah data 8 bit (D0 – D7).

6. ALE (*Addres Lacth Enable*)

   ALE mengunci alamat yang telah diberikan pada Ad A, B, C dengan *input* analog yang akan dikonversi.

7. Start

   Untuk memberitahu agar ADC mulai mengkonversi tegangan *input* analog yang telah dipilih dengan memberikan kombinasi pada 3 bit alamat dan menguncinya dengan ALE. Pin ini aktif tinggi.

8. EOC (*End Of Convertion*)

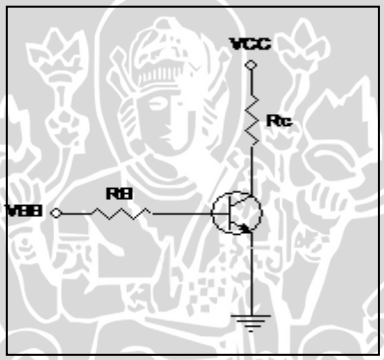
   Pin ini akan memberikan sinyal aktif rendah jika ADC sedang mengkonversi tegangan analog yang diberikan. Pin ini dapat dihubungkan ke suatu port sebagai status atau ke pin *interupt* dari prosessor sebagai tanda pemberitahuan.

9. OE (*Output Enable*)

   Setelah EOC memberikan pulsa aktif rendah sejenak maka berarti data siap di *buffer* internal ADC, untuk mengambil yang masih ada *buffer* agar keluar ke data bus perlu memberikan pulsa aktif tinggi pada pin OE.

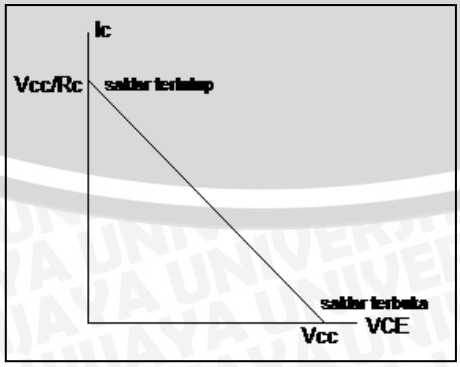
2.13 Transistor sebagai Saklar

Transistor difungsikan sebagai sebuah saklar berarti mengoperasikan pada salah satu dari saturasi atau titik sumbat. Jika sebuah transistor berada dalam keadaan saturasi, transistor tersebut seperti sebuah saklar yang tertutup dari kolektor ke emiter. Jika transistor tersumbat (*cut off*), transistor tersebut seperti sebuah saklar yang terbuka. Gambar 2.13. menunjukan rangkaian transistor sebagai saklar.



Gambar 2.13. Transistor sebagai Saklar

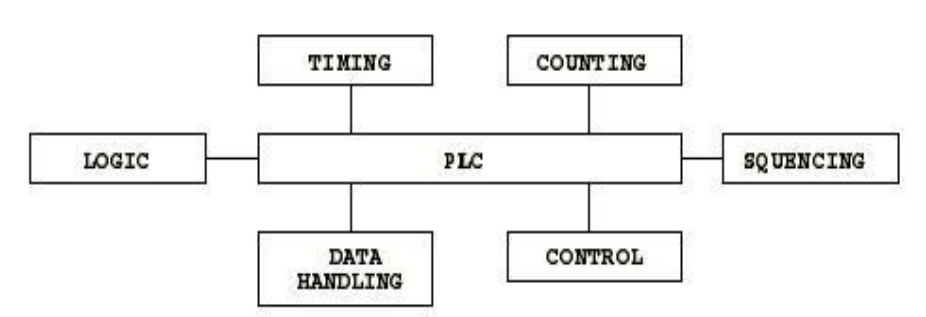
Garis beban DC yang menunjukan operasi transistor dapat dilihat dalam Gambar 2.14. Pada daerah saturasi $Ic = \frac{Vcc}{Rc}$ dan pada daerah cut off $V_{CE} = V_{CC}$.



Gambar 2.14. Garis Beban DC

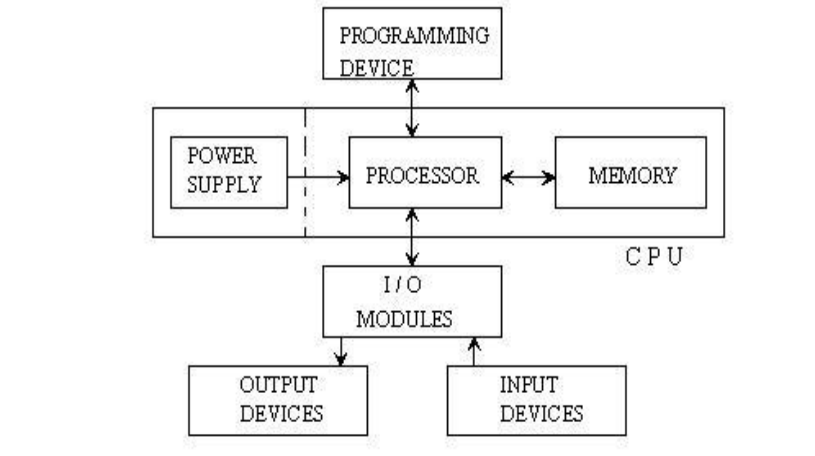
2.14 Programmable Logic Controller (PLC)

Berdasarkan pada standar yang dikeluarkan oleh *National Electrical Manufactures Association* (NEMA) ICS3-1978 Part. ICS3-304, PLC didefinisikan bahwa "PLC adalah suatu peralatan elektronik yang bekerja secara digital, memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus, seperti *logic*, *sequencing*, *timing*, *counting*, dan aritmatika untuk mengontrol berbagai jenis mesin atau proses melalui analog atau digital *input/output modules*". Gambar 2.15 merupakan gambar fungsi PLC, sedangkan Gambar 2.16 merupakan gambar arsitektur PLC.



Gambar 2.15. Fungsi PLC

Sumber : Omron, 1993:13

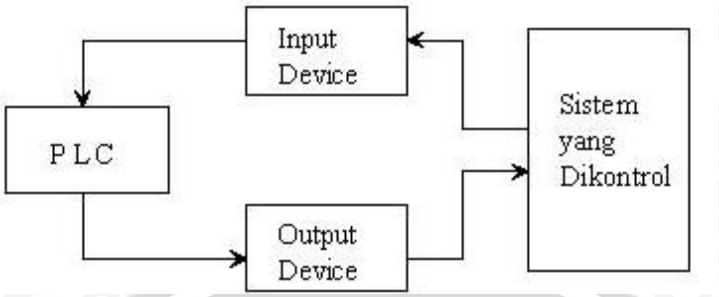


Gambar 2.16. Arsitektur PLC

Sumber : Omron, 1993:15

2.14.1 Prinsip kerja PLC

Pada prinsipnya, sebuah PLC bekerja dengan cara menerima data-data dari peralatan *input* luar atau "*Input Device*", seperti yang dijelaskan dalam Gambar 2.17.



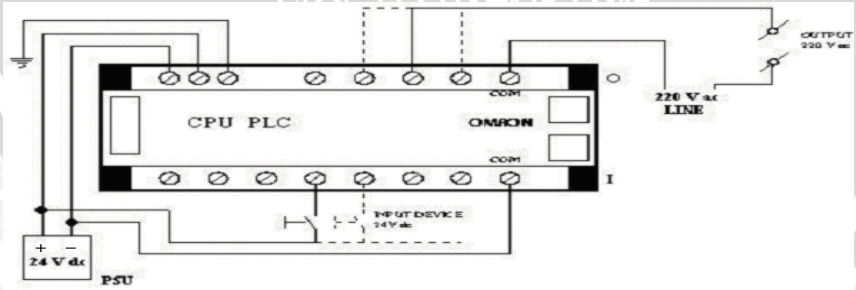
Gambar 2.17. Diagram block prinsip kerja PLC

Sumber : Omron, 1993:22

Peralatan *input* dapat berupa sakelar, tombol, sensor, dan peralatan lainnya. Data-data yang masuk dari peralatan *input* ini berupa sinyal-sinyal analog. Oleh modul *input* sinyal-sinyal yang masuk diubah menjadi sinyal-sinyal digital. Kemudian, oleh unit pemroses pusat atau "*Centrall Processing Unit*" (CPU) yang ada didalam PLC ditetapkan di dalam ingatan memorinya. Selanjutnya, CPU mengambil keputusan-keputusan tersebut kemudian dipindahkan ke modul *output* masih dalam bentuk digital. Oleh modul *output* sinyal-sinyal ini diubah kembali menjadi sinyal-sinyal analog. Sinyal-sinyal analog inilah yang nantinya menggerakkan peralatan *output* atau "*Output Device*" yang dapat berupa kontaktor-kontaktor ataupun relay-relay. "*Output Device*" inilah yang nantinya akan mengoperasikan sistem atau pengontrol proses.

2.14.2 Pengawatan dan Bagian-bagian PLC.

Pengawatan standar CPU PLC dapat dilihat dalam Gambar 2.18 :



Gambar 2.18. Pengawatan PLC

Sumber : Omron, 1993:36

Pada Gambar 2.17 diperlihatkan bahwa pada busbar(jalur) *input* diberikan tegangan 24 V_{dc}, dengan *output* tegangan 220 V_{ac}. Tegangan *input* dan *output* tersebut dapat diganti besaran tegangannya atau jenis tegangannya (ac/dc), yang

tentunya juga memerlukan sedikit tambahan komponen untuk mengubah tegangan I/O-nya.

2.14.2.1. Bagian-Bagian PLC

Bagian PLC pada prinsipnya tidak jauh berbeda dari perangkat keras yang dimiliki oleh komputer, yaitu terdiri atas *Central Processing Unit* atau CPU, *Programming Device,*Modul Input/Output, Unit Power Supply.

- ***Central Processing Unit* (CPU)**

Central Processing Unit berfungsi untuk mengambil instruksi dari memori, mendekodenya dan kemudian mengeksekusi instruksi tersebut. Selama proses tersebut, CPU akan menghasilkan sinyal kontrol, memindahkan data ke I/O port atau sebaliknya, melakukan fungsi aritmatik dan logika juga mendeteksi sinyal dari luar CPU. CPU, pada umumnya terdiri atas 3 (tiga) unsur utama, yaitu *processor*, sistem memori dan catu daya. Arsitektur CPU dapat berbeda-beda untuk setiap merk, misalnya saja catu dayanya berada di luar CPU.

- **Unit Memori**

Terdapat beberapa macam tipe unit memori. Memori ini adalah area yang menyatukan sistem operasi dan memori pengguna. Sistem operasi pada dasarnya adalah sebuah perangkat lunak yang mengkoordinasikan PLC. Tergantung kebutuhan penggunaan.

2.14.3 Persiapan Pemrograman

Secara umum, sistem pemrograman PLC dapat dilakukan dengan dua cara, pertama, rancangan rangkaian kontrol yang telah diprogram dalam diagram tangga atau *ladder diagram* langsung dapat diprogram tanpa harus mengubah dahulu ke fungsi mnemonicnya. Kedua, rancangan rangkaian kontrol diubah dahulu ke fungsi mnemonicnya (dikodekan dulu), sesuai dengan tombol-tombol yang ada pada papan ketik PLC (*programming Console*).

Demikian juga, untuk sistem pemantauannya atau untuk memonitor programnya ada dua jenis tampilan, yaitu dapat langsung ditampilkan dalam bentuk diagram tangga (khusus pada tampilan monitor komputer program LSS) sesuai dengan rancangan kontrol atau dapat juga ditampilkan dalam fungsi mnemonicnya (pada tampilan layar LCD *program console*).

2.14.3.1 Dasar-Dasar Pemrograman

Dasar-dasar dari pemrograman dari *Programmable Logic Controller* (PLC) dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut

1. Menentukan diskripsi kerja sistem yang akan dikontrol.
2. Menentukan peralatan *input/output* yang dipakai kedalam PLC I/O bit yaitu peralatan eksternal yang akan mengirim/menerima sinyal dari PLC.
3. Menentukan simbol-simbol *ladder* diagram untuk menggambarkan rangkaiannya.
4. Menggunakan program syswin / LSS / programming console, untuk mengubah *ladder* diagram kedalam kode mnemonic agar CPU PLC dapat mengerjakannya.
5. Memindahkan program yang telah ditulis/ digambar kedalam memori PLC.
6. Memperbaiki kesalahan pemrograman jika terjadi kesalahan pada program yang telah dibuat, sehingga menjadi benar.
7. Menjalankan program pada PLC dan mengetes kesalahan program *execution*.

2.14.3.2 Konsep Pembuatan Program dengan Diagram Tangga

Hubungan kontak-kontak diagram tangga yang ada dalam CPU PLC terangkai secara elektronik, sehingga tidak memerlukan kawat penghubung seperti pada rangkaian kontrol secara konvensional.

Adapun ketentuan-ketentuan dalam penyusunan rangkaian ke diagram tangga adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan rangkaian kontrol diusahakan untuk menggunakan kontak seminimum mungkin, sehingga efisiensi kerja dari PLC dapat ditingkatkan dan alamat-alamat serta data-data dalam register digunakan sehemat mungkin, sehingga tidak melebihi kapasitas memori yang telah ditetapkan.
2. Kondisi sinyal yang mengalir pada rangkaian logika PLC selalu datang dari arah kiri menuju ke arah kanan.
3. Tidak ada satu koil atau relay *output* yang dapat dihubungkan langsung pada busbar bagian kiri. Jika diperlukan relay *output* bekerja terus menerus,

maka di antara busbar kiri dengan *output* diberi kontak NC dari internal *Auxilary Relay* yang tidak digunakan.

4. Busbar sebelah kanan dari diagram tangga boleh tidak digambar, karena hubungan busbar tersebut telah tersambung secara otomatis pada PLC.
5. Semua *output* dilengkapi dengan kontak-kontak bantu yang dapat digunakan secara seri maupun paralel.
6. Jumlah kontak-kontak NO dan NC dapat dihubungkan secara seri maupun paralel dengan tak terbatas sesuai dengan kebutuhan.
7. Tidak ada kontak yang dapat diprogram atau disisipkan setelah *output* atau dengan kata lain antara busbar sebelah kanan dan hasil *output* tidak boleh disisipi kontak.
8. Pengkodean nomor-nomor kontak dan nomor-nomor koil *output*, termasuk *timer*, *counter* dan lain-lain disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pabriknya.
9. Sebuah *output* koil, termasuk *timer*, *counter* tidak dapat digunakan untuk lebih dari dari satu kali.
10. Dua atau lebih koil *output*, termasuk *timer*, *counter* dapat dihubungkan secara paralel.
11. Program rangkaian dieksekusi oleh CPU secara berurutan, mulai dari alamat yang pertama sampai dengan alamat yang terakhir pada program.

2.14.3.3 Menggambar Ladder Diagram

Untuk membedakan peralatan-peralatan yang akan dikontrol serta bagaimana hubungan peralatan satu dengan yang lainnya dan waktu pelaksanaan pengontrolan harus dilaksanakan untuk kemudian dituliskan atau digambarkan *ladder diagram*nya.

Dalam *ladder diagram* digunakan 5 (lima) digit *address* untuk menomori bit I/O dan *work* bit demikian pula 3 (tiga) digit nomor untuk *timer* dan *counter*.

2.14.4 Instruksi Pemrograman

Instruksi-instruksi dalam pemograman PLC terdiri dari instruksi dasar dan instruksi gabungan. Adapun instruksi-instruksi dasar adalah sebagai berikut.

2.14.4.1 Instruksi Dasar

Instruksi-instruksi dasar merupakan instruksi yang digunakan untuk membuat rangkaian logika dari diagram tangga atau sebaliknya. Instruksi dasar ini ada 6 (enam), yaitu : LD, OUT, AND, OR, NOT dan END.

Fungsi dari instruksi-instruksi dasar tersebut adalah sebagai berikut :

a. LD

LD atau singkatan dari LOAD yang merupakan instruksi untuk memulai program garis atau blok pada rangkaian logika yang dimulai dengan kontak NO.

b. OUT

OUT merupakan instruksi untuk memasukkan program koil *output*. Kontak-kontak dari masing-masing koil *output* dapat digunakan beberapa kali sesuai dengan yang diinginkan.

c. AND

Instruksi AND ini digunakan untuk menghubungkan 2 (dua) atau lebih kontak-kontak *input output* secara seri.

d. OR

Instruksi dasar OR digunakan untuk menghubungkan 2 (dua) atau lebih kontak-kontak *input* atau *output* secara paralel.

e. NOT

Instruksi dasar NOT berfungsi untuk membentuk suatu kontak NC.

f. END

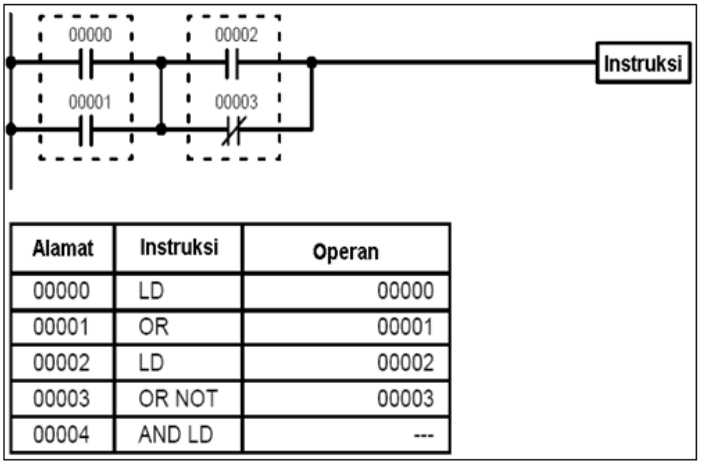
Instruksi dasar END untuk menyatakan rangkaian kontrol yang dibuat telah berakhir. Instruksi END ini harus selalu dimasukkan dalam penulisan program karena apabila akhir rangkaian kontrol tidak dilengkapi dengan instruksi END, maka program tersebut tidak akan dieksekusi oleh CPU. Pesan kesalahan yang berupa "NO END ISNT" akan muncul pada layar monitor. Instruksi END ini dibentuk dengan cara menekan tombul FUN, yang diikuti dengan penekanan tombol 0 (nol) dan 1 (satu) atau FUN 01.

2.14.4.2 Instruksi Gabungan

Instruksi gabungan merupakan suatu instruksi yang menggunakan 2 buah instruksi dasar yang menggabungkan 2 blok rangkaian dalam program dengan menggunakan AND LD atau OR LD.

a. AND LD

Pada dasarnya perintah AND LOAD akan melogikakan kondisi eksekusi dua block dengan AND. Gambar 2.19 adalah contoh sederhana diagram yang memerlukan perintah AND LOAD.



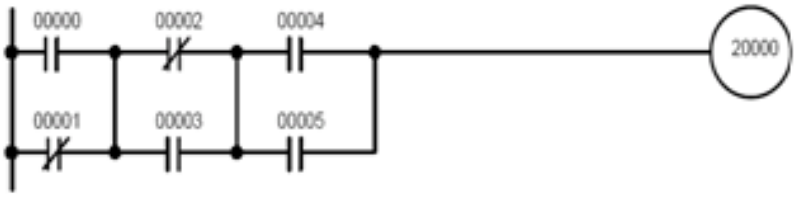
Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	00000
00001	OR	00001
00002	LD	00002
00003	OR NOT	00003
00004	AND LD	---

Gambar 2.19. AND LD

Sumber : Omron, 1993:97

Load (LD) 00002 adalah untuk input yang pertama dalam blok kedua, ANDLD akan menghubungkan kedua blok tersebut secara seri. Dalam penyelesaian terdapat dua macam cara untuk menghubungkan blok secara seri.

Contoh :



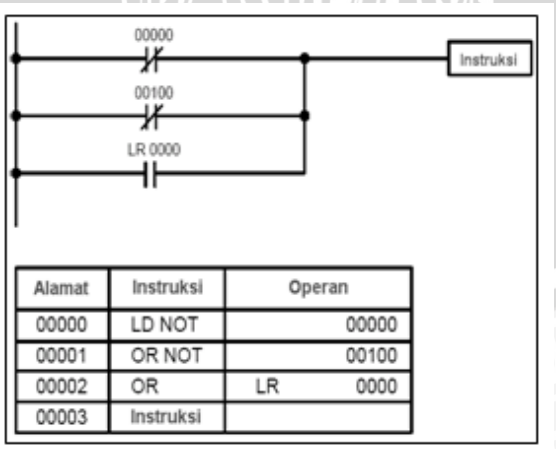
Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	00000
00001	OR NOT	00001
00002	LD NOT	00002
00003	OR	00003
00004	AND LD	—
00005	LD	00004
00006	OR	00005
00007	AND LD	—
00008	OUT	20000

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	00000
00001	OR NOT	00001
00002	LD NOT	00002
00003	OR	00003
00004	LD	00004
00005	OR	00005
00006	AND LD	—
00007	AND LD	—
00008	OUT	20000

Dengan menggunakan cara yang pertama jumlah AND LD tak terbatas, tetapi kalau menggunakan cara yang kedua jumlah LD dan LD NOT sebelum AND LD harus delapan atau kurang.

b. OR LD

Perintah OR LOAD mempunyai keadaan yang hampir mirip dengan AND LOAD. Gambar 2.19 adalah *ladder diagram* yang memerlukan perintah OR LOAD antara blok kiri atas dengan bawah. Kondisi eksekusi ON akan menghasilkan perintah di kanan ketika IR 00000 ON dan IR 00001 OFF atau jika IR 00002 dan IR 00003 keduanya ON. Pengoperasian perintah OR LD dan kode mnemonicnya sama persis dengan AND LD.

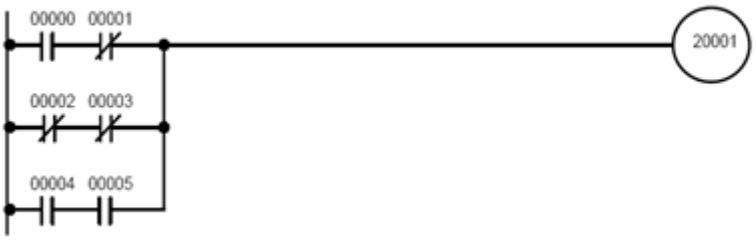


Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD NOT	00000
00001	OR NOT	00100
00002	OR	LR 0000
00003	Instruksi	

Gambar 2.20. OR LD

Sumber : Omron, 1993:95

Perintah OR LD menghubungkan dua blok secara paralel atau dapat juga disebut melogikakan dua buah blok dengan OR. Tidak ada batasan jumlah blok yang dapat dihubungkan secara paralel dengan OR LD. Seperti halnya pada perintah AND LD, perintah OR LD dalam penyelesaiannya dapat diselesaikan dengan dua cara. Misalkan diagram tangga seperti dalam Gambar 2.21 :



Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	00000
00001	AND NOT	00001
00002	LD NOT	00002
00003	AND NOT	00003
00004	OR LD	—
00005	LD	00004
00006	AND	00005
00007	OR LD	—
00008	OUT	20001

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	00000
00001	AND NOT	00001
00002	LD NOT	00002
00003	AND NOT	00003
00004	LD	00004
00005	AND	00005
00006	OR LD	—
00007	OR LD	—
00008	OUT	20001

Gambar 2.21. Kombinasi blok OR LD

Sumber : Omron, 1993:99

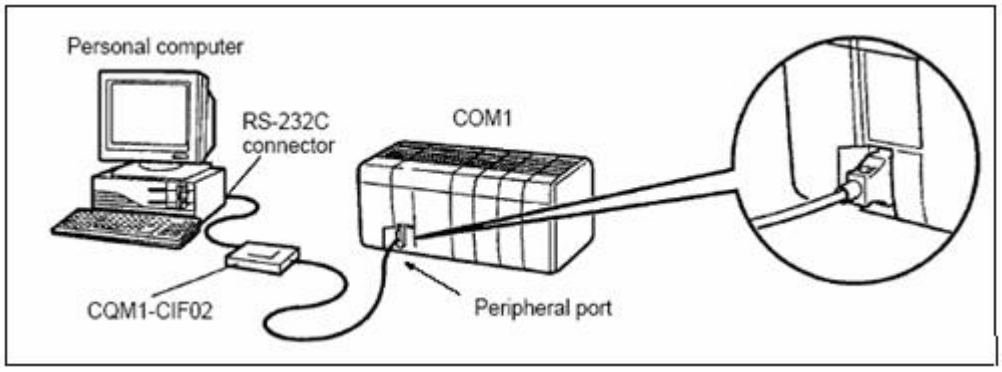
Sama seperti perintah AND LD dengan menggunakan cara yang pertama akan lebih efektif jika OR LD lebih dari sembilan.

2.14.5 Penggunaan Program SYSWIN

SYSWIN adalah sebuah *software* untuk menuliskan program *ladder* dengan memberikan kemudahan dan lebih fleksibel kepada pemakai-pemakainya pada *software* windows.

2.14.5.1 Menghubungkan dengan PC

CQM1 dapat dihubungkan dengan PC lewat kabel RS-232C. Setelah RS-232C terhubung dengan serial port PC (9 pin atau 24 pin adaptor), saat yang lain sudah terhubung bilamana kabel dari adaptor RS-232C dihubungkan ke CQM1. DIP *switch* dari adaptor harus di set Host selama berhubungan dengan PC(seperti terlihat dalam Gambar 2.22).

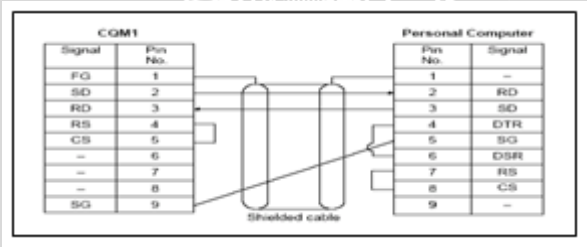


Gambar 2.22. Hubungan CQM1 dengan PC

Sumber : Omron, 1993:48

2.14.5.2 Konfigurasi Konektor RS-232C

Gambar 2.23 adalah gambar konfigurasi konektor RS-232C, dapat dilihat hubungan masing-masing pin antara PC dengan RS-232C.

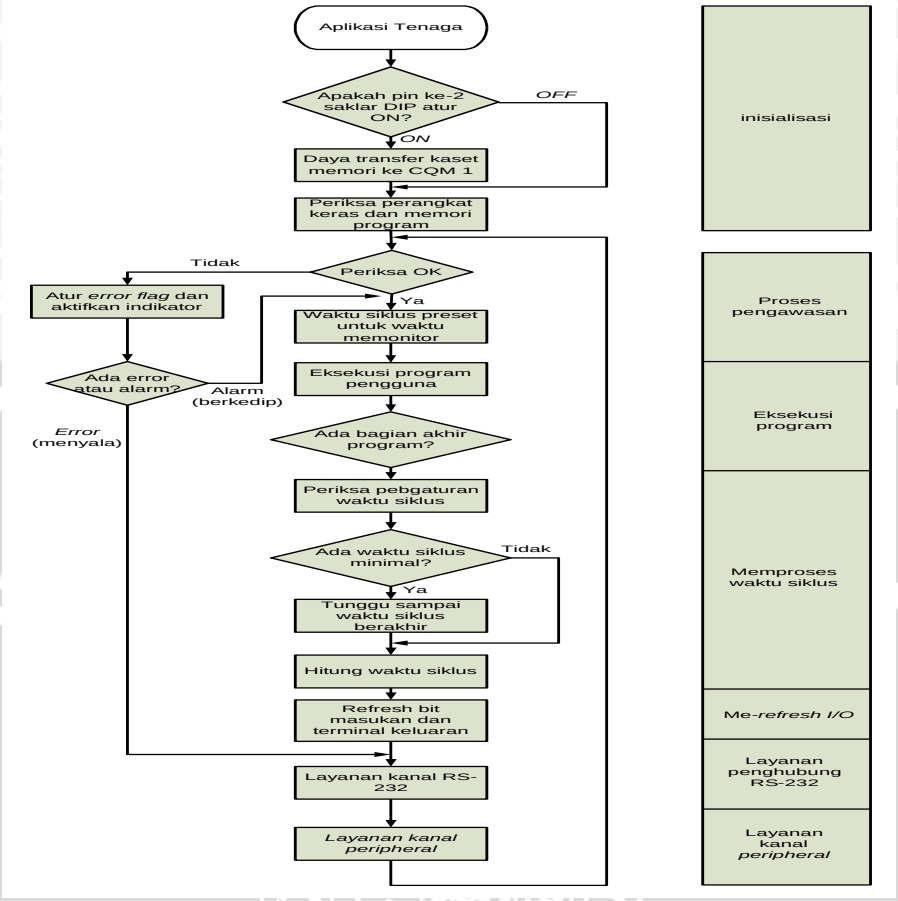


Gambar 2.23. Konfigurasi konektor RS-232C

Sumber : Omron, 1999:49

2.14.5.3 Waktu Respon

Semua operasi PLC CQM1 ditunjukan dalam Gambar 2.24. berikut :

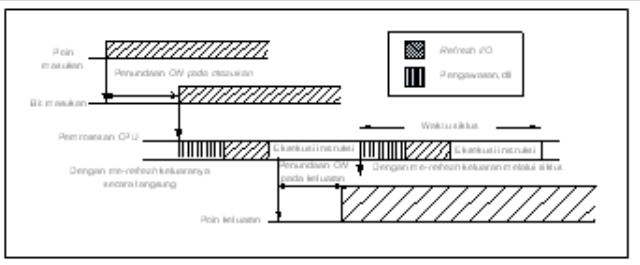


Gambar 2.24. Diagram Alir Operasi PLC CQM-1

Sumber : Omron, 1993;306

2.14.5.4 Waktu Respon Minimal

Respon CQM1 pada umumnya cepat pada saat menerima sinyal masukan hanya yang menuju sebelum fase *refresh* masukan pada siklus, seperti ditunjukan ilustrasi dalam Gambar 2.25:



Gambar 2.25. Rincian waktu minimal PLC CQM1

Sumber : Omron, 1993;321

Saat me-*refresh* keluaran siklus digunakan:

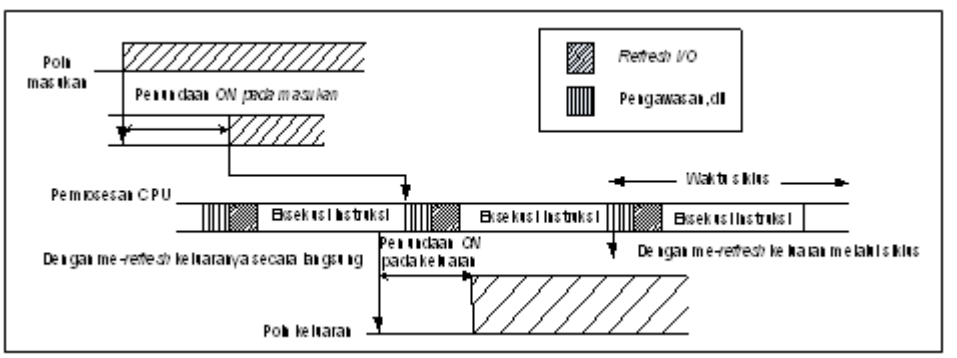
- Waktu respon *I/O* minimal = waktu penundaan *ON* masukan + waktu pengawasan + waktu eksekusi instruksi + waktu penundaan *ON* keluaran.

Saat me-*refresh* keluaran secara langsung digunakan:

- Waktu respon *I/O* minimal = waktu penundaan *ON* masukan + waktu pengawasan + waktu penundaan *ON* keluaran.

2.14.5.5. Waktu Respon Maksimal

CQM1 mengambil waktu paling panjang untuk merespon pada saat sinyal masukan hanya yang setelah fase *refresh* masukan dari siklus, seperti yang ditunjukan oleh ilustrasi dalam Gambar 2.26 :



Gambar 2.26. Rincian waktu maksimal PLC CQM1

Sumber : Omron, 1993;321

Saat me-*refresh* keluaran melalui siklus digunakan :

- Waktu respon *I/O* minimal = waktu penundaan *ON* masukan + (waktu pengawasan+ waktu eksekusi instruksi)x 2 + waktu penundaan *ON* keluaran.

Saat me-*refresh* keluaran secara langsung digunakan :

- Waktu respon *I/O* minimal = waktu penundaan *ON* masukan + waktu pengawasan + waktu eksekusi instruksi + waktu penundaan *ON* keluaran.

BAB III
METODOLOGI

Penyusunan skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan pembuatan sistem otomatisasi pengganti air pada aquarium berdasarkan kekeruhan dan Ph air dengan menggunakan *Programmable Logic Control* (PLC) yang bertujuan agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur
2. Perancangan alat
3. Realisasi pembuatan alat
4. Pengujian alat
5. Pengambilan kesimpulan

3.1 Studi literatur

Studi literatur mengacu pada prinsip kerja alat yang dirancang meliputi sistem pengendalian kadar keasaman (pH) pada tambak udang dengan menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*), karakteristik dari komponen elektronik yang digunakan serta studi tentang kontroller otomatisnya yaitu PLC OMRON CQM1A.

Adapun hal-hal yang berhubungan dengan hal tersebut adalah :

a. Studi mengenai kadar keasaman (pH)
   - Kadar asam dan basa (pH) dalam aquarium
   - Hal-hal yang mempengaruhi perubahan kadar asam dan basa (pH) pada aquarium
   - Bahaya yang dialami ikan akibat perubahan kadar keasaman (pH)

b. Studi tentang rangkaian elektronik, sensor dan aktuator yang digunakan
   - Karakteristik spesifikasi sensor Ph, sensor level dan sensor fotodioda
   - Penerapan sensor pH dan sensor level dan sensor fotodioda sesuai sistem

- Karakteristik komponen elektronik yang digunakan diantaranya meliputi pengkondisi sinyal, relay, LCD, Mikrokontroler AT89S51, ADC 0808 dan transistor sebagai saklar
- Penerapan pompa sebagai aktuator sesuai sistem

c. PLC OMRON CQM1A
- Karakteristik umum PLC OMRON CQM1A
- Teknik pemrograman PLC OMRON CQM1A
- Teknik interface antara peralatan keluaran untuk PLC dengan peralatan yang akan diatur yaitu miniatur ruangan tertutup

3.2 Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem otomatisasi pengganti air pada aquarium tersebut dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan. Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

- Penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat, meliputi:
  a. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.
  b. PLC dan rangkaian elektronik pendukung.
- Penentuan rangkaian yang digunakan.
- Perancangan diagram tangga melalui compiler syswin 3.4.

3.3 Realisasi Pembuatan Alat

Untuk merealisasikan alat atau sistem yang telah dirancang sebelumnya, maka perlu diperhatikan beberapa tahapan dalam pembuatan alat tersebut, diantaranya yaitu :

- Pembuatan mekanik alat otomatisasi pengganti air pada aquarium secara keseluruhan yang meliputi penempatan PLC, penempatan sensor-sensor pendukung, pompa, dan pengaduk.
- Pengisian program pada PLC, yaitu berupa diagram tangga yang telah dirancang sebelumnya menggunakan *compiller* syswin 3.4

3.4 Pengujian Alat

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan blok diagram sistem yang telah dirancang dan perangkat lunak untuk mendukung sistem telah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujian alat adalah sebagai berikut :

- Menguji pada tiap-tiap blok rangkaian.
- Kalibrasi pada sensor yang digunakan.
- Menggabungkan beberapa blok rangkaian menjadi sebuah sistem.
- Mengadakan pengujian sistem secara keseluruhan.
- Mengevaluasi hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

3.5 Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian sistem secara keseluruhan. Jika hasil yang didapatkan telah sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan tentunya memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan.

BAB IV
PERANCANGAN SISTEM

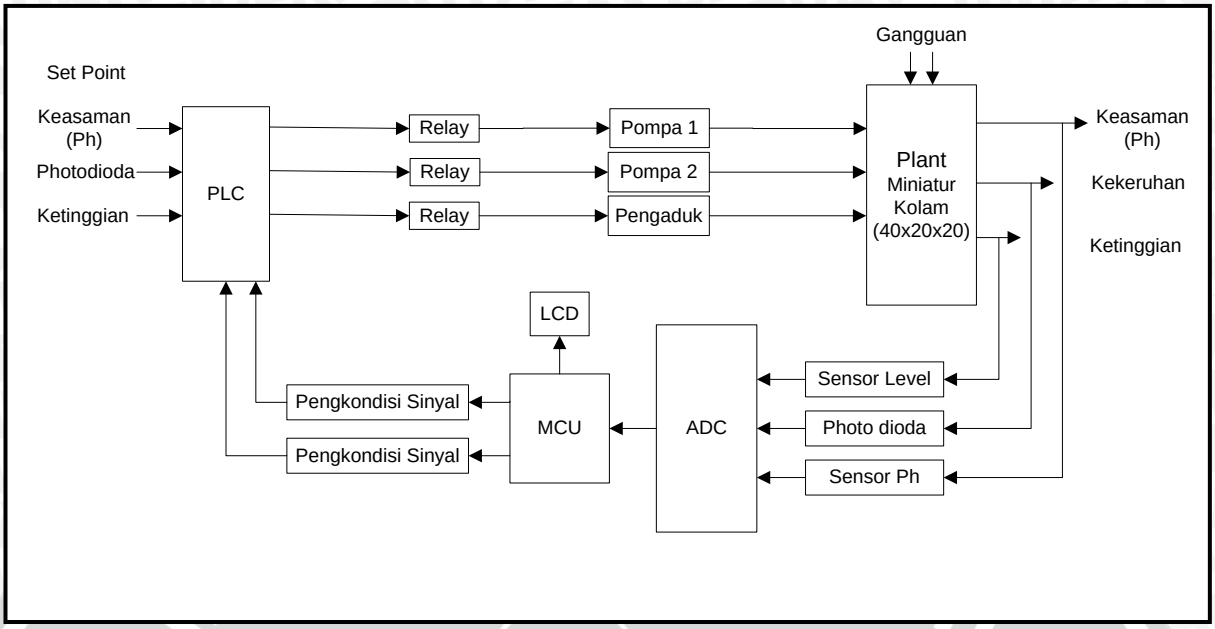
4.1 Tinjauan Umum

Bab ini menjelaskan mengenai spesifikasi alat yang digunakan dan perancangan perangkat keras dari alat otomatisasi pengganti air pada aquarium, yang meliputi diagram blok sistem, cara kerja sistem, *flowchart* atau diagram alir kerja sistem, gambar rancangan alat, dan tabel *input* dan *output* PLC. Selain perancangan perangkat keras akan dijelaskan juga mengenai perancangan perangkat lunak.

Perancangan sistem pengendalian kadar keasaman (pH) dalam miniatur kolam dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Dimensi miniatur kolam 40cm x 20cm x 20cm yang terbuat dari kaca.
2. Menjaga kadar keasaman (pH) di dalam miniatur kolam pada *set point* pH 7.
3. Menjaga ketinggian air di dalam miniatur kolam pada *set point* 12 cm.
4. Menggunakan PLC OMRON CQM1 sebagai pengontrol utama.
5. Menggunakan mikrokontroler AT89S51 untuk menampilkan data pada LCD.
6. Menggunakan LCD tipe M1632 (16 kolom x 2 baris).
7. Menggunakan ADC 0808 sebagai konverter masukan sinyal analog dari pengkondisi sinyal menjadi sinyal digital sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroller dan PLC.
8. Menggunakan konverter yang terdiri dari rangkaian transistor sebagai saklar.
9. Menggunakan penguat *differensial* sebagai pengkondisi sinyal.
10. Menggunakan sensor pH LUTRON PE-03 dan sensor level dan sensor fotodioda.
11. Aktuator berupa dua buah pompa air dan satu buah pengaduk. Pompa air pertama untuk mengisi air dalam akuarium, pompa air kedua untuk mengeluarkan air dalam akuarium.

Perancangan blok diagram sistem seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Blok diagram sistem

Sumber: Perancangan

4.2 Perancangan Sistem Kerja

Untuk lebih memudahkan dalam perencanaan, maka perlu dijabarkan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan. Sensor pH, sensor photodioda dan sensor level yang diletakkan didalam miniatur kolam akan membaca kondisi pH, kekeruhan dan ketinggian pada miniatur kolam. Sensor juga akan memberikan sinyal yang diproses oleh rangkaian pengkondisi sinyal sebagai masukan pada ADC. ADC akan memberikan data bit logic sebagai masukan pada PLC. Namun sebelumnya harus di *drive* oleh saklar transistor yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal pada PLC untuk menyesuaikan dengan kebutuhan tegangan input PLC.

pH, Photodioda di dalam miniatur kolam dikondisikan untuk mencapai *set point* pada pH 7 dan photodioda 100 dengan memanfaatkan pompa sebagai aktuatornya. Pompa 1 dikondisikan untuk memasukkan air bersih ke dalam miniatur kolam. Pompa 2 dikondisikan untuk mengeluarkan air kotor dari miniatur kolam. Sedangkan pengaduk dikondisikan untuk mengaduk cairan yang terdapat dalam miniatur kolam. Pada saat pH < 6 atau pH > 7,5 atau pembacaan ADC pada photodioda < 25 , maka pompa 2 akan aktif / ON.

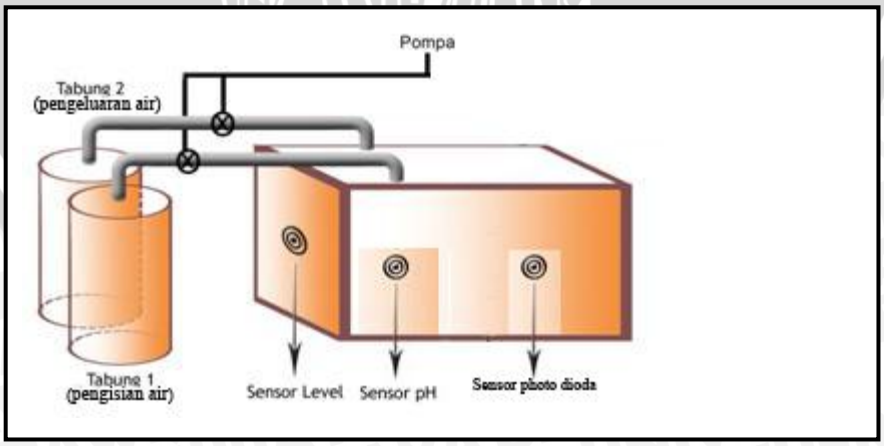
Ketinggian air dalam miniatur kolam secara perlahan akan berkurang sampai sensor level menunjukkan angka 3 maka Pompa 1 akan aktif / ON, dengan demikian air yang tadinya kotor dapat digantikan dengan air bersih.

4.3 Miniatur Aquarium

Miniatur aquarium yang digunakan sebagai tempat pengujian sistem otomatisasi pengganti air pada aquarium mempunyai ukuran : panjang 40cm x lebar 20cm x tinggi 20cm, yang terbuat dari bahan tembus pandang yaitu kaca.

Di dalam miniatur aquarium tersebut terdapat pengaduk yang berfungsi untuk mengaduk kotoran yang ada di bawah agar tercampur rata. Di samping miniatur kolam terdapat dua buah pompa, pompa 1 berfungsi untuk memasukkan air bersih ke dalam miniatur aquarium, pompa 2 berfungsi untuk mengeluarkan air kotor dari miniatur kolam. Ketiga aktuator tersebut dikontrol secara otomatis menggunakan PLC.

Sementara sensor pH diletakkan di bagian tengah dari miniatur aquarium, sensor fotodioda diletakkan dibagian luar dari miniature aquarium dan sensor level diletakkan di bagian tepi dari miniatur aquarium. Penempatan sensor disesuaikan dengan minimnya jumlah sensor yang digunakan pada miniatur aquarium dengan dimensi 40cm x 20cm x 20cm sehingga pembacaan pH, kekeruhan dan ketinggian oleh ketiga jenis sensor diharapkan memiliki keakurasian yang tinggi. Bentuk dari miniatur aquarium seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2.

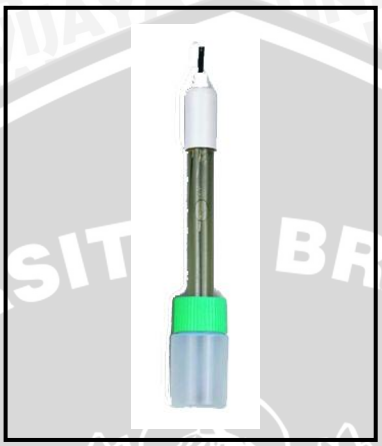


Gambar 4.2. Prototipe miniatur aquarium

Sumber: Perancangan

4.4 Rangkaian Pengukur Keasaman (pH)

Elektroda gelas yang digunakan untuk pembuatan alat pengukur pH adalah menggunakan elektroda gelas LUTRON PE-03 seperti dalam Gambar 4.3:

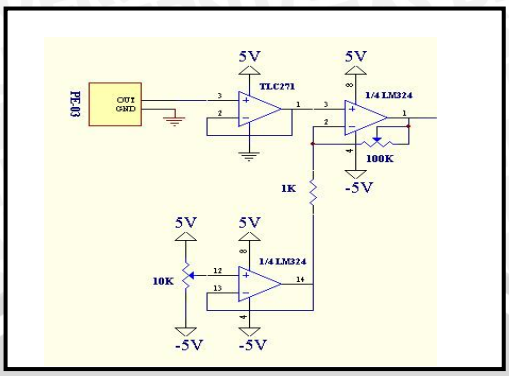


Gambar 4.3. sensor pH LUTRON PE-03

Sumber: Perancangan

Sensor ini dapat mengubah masukan berupa pH menjadi keluaran berupa tegangan. Karena tegangan keluaran LUTRON PE-03 cukup kecil, maka diperlukan pengkondisi sinyal atau penguat tegangan. Sehingga bila terjadi perubahan pH, maka perubahan tegangan keluaran pada sensor masih dapat diamati dalam skala yang cukup besar. Dalam perancangan sistem ini nilai *set point* pH yang dikendalikan di dalam miniatur kolam ditetapkan sebesar 7.

Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor pH LUTRON PE-03 yang dirancang pada sistem ini terbagi menjadi dua macam rangkaian op-amp, yang kemudian digunakan istilah sebagai rangkaian *zero* dan *span*. Rangkaian *zero* berfungsi sebagai *virtual input* bagi rangkaian *span*, dimana nilai tegangan keluaran pada rangkaian *zero* tersebut diatur sehingga sama dengan nilai tegangan untuk menyatakan batas bawah kondisi pH pada range kerja untuk pengendalian pH. Rangkaian *span* merupakan rangkaian penguat selisih tegangan (penguat *differensial*) yang berfungsi untuk menguatkan sinyal-sinyal tegangan yang nilainya kecil. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor pH LUTRON PE-03 ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk Ph

Sumber: Perancangan

Agar perubahan tegangan keluaran pada sensor pH dapat dibaca oleh ADC, maka keluaran tegangan sensor pH akan dikuatkan oleh pengkondisi sinyal. Adapun perhitungan pengkondisi sinyal adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = (V_{in} - V_{ref})(\frac{R_2}{R_1} + 1) + V_{ref}$$

Di mana untuk pH 3 V_{out} = 2,51 V dan V_{in} = 267 mV, maka:

$$V_{out} = (V_{in} - V_{ref})(\frac{R_2}{R_1} + 1) + V_{ref}$$

$$2{,}51 = (0{,}267 - (-0{,}2497))(\frac{R_2}{R_1} + 1) + (-0{,}2497)$$

$$2{,}51 + 0{,}2497 = 0{,}5167(\frac{R_2}{R_1} + 1)$$

$$(\frac{R_2}{R_1} + 1) = \frac{2{,}51 + 0{,}2497}{0{,}5167}$$

$$\frac{R_2}{R_1} + 1 = 5{,}34$$

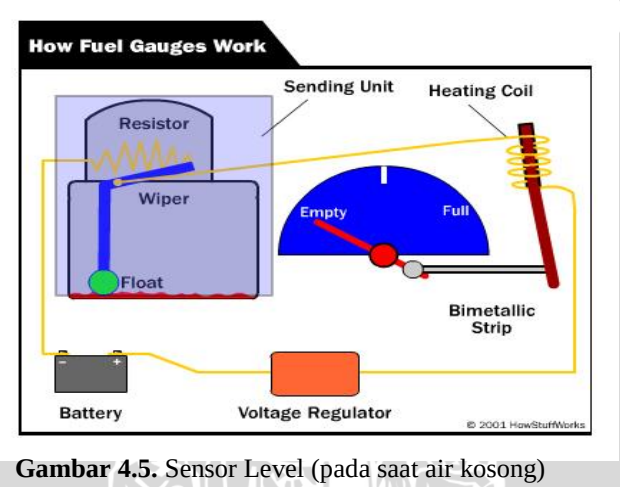
$$\frac{R_2}{1000} = 5{,}34 - 1$$

$$R_2 = 4{,}34 \text{ x } 1000$$

$$R_2 = 4{,}34 \text{ k}\Omega$$

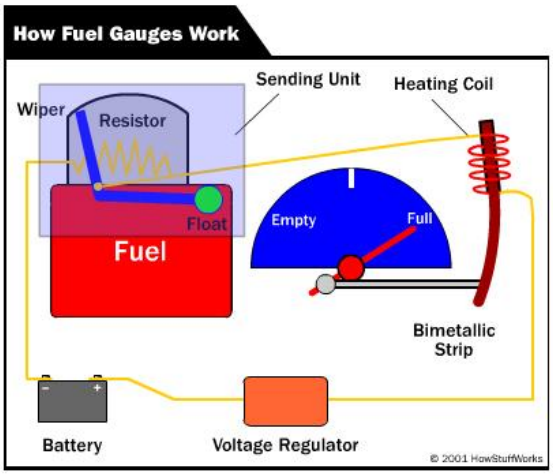
4.5 Rangkaian Pengukur Ketinggian

Rangkaian pengukur ketinggian berupa pelampung yang biasa dipakai sebagai indikator bensin yang dapat mendeteksi ketinggian air. Setiap perubahan ketinggian air dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai resistansi sensor. Semakin tinggi air yang terdeteksi oleh sensor, maka nilai resistansi sensor akan semakin tinggi. Pada saat air dalam kondisi kosong atau pada ketinggian paling rendah, maka pelampung pada indikator bensin akan berada pada level paling bawah. Sedangkan pada saat air dalam kondisi penuh, maka pelampung pada indikator bensin akan berada pada level paling atas. Seperti terlihat dalam Gambar 4.5 dan 4.6:



Gambar 4.5. Sensor Level (pada saat air kosong)

Sumber: Perancangan



Gambar 4.6. Sensor level (pada saat air penuh)

Sumber: Perancangan

Dari Gambar 4,5 dan 4,6, maka dapat dihitung Vout dengan menggunakan perhitungan di bawah ini

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V$$

Di mana R potensiometer ketinggian dianggap linear dan ketinggian dianalisa dalam %, maka:

$$\% \text{ ketinggian} = \frac{100\%}{14}$$

$$= 7{,}14\ \%$$

Dengan % ketinggian = 7,14 %, maka diperoleh R pada:

Level 1 cm $\rightarrow R_2 = 7{,}14\ \%$ x 1 kΩ

$$= 71{,}4\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V \rightarrow R_1 + R_2 = 1\ \text{k}\Omega$$

$$V_{out} = \frac{71{,}4}{1000} \times 5$$

$$V_{out} = 0{,}357V$$

Level 2 cm $\rightarrow R_2 = (2 \times 7{,}14\%)$ x 1 kΩ

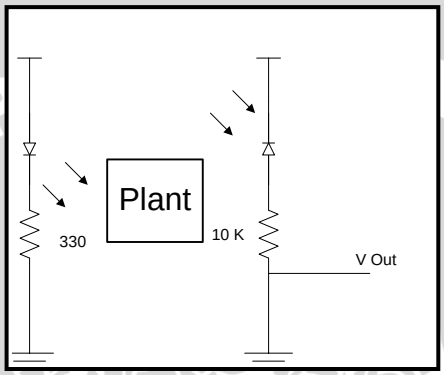
$$= 142{,}8\ \Omega$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V$$

$$V_{out} = \frac{142{,}8}{1000} \times 5$$

$$V_{out} = 0{,}714V$$

4.6 Rangkaian Pengukur Kekeruhan



Gambar 4.7. Rangkaian Pengukur Kekeruhan

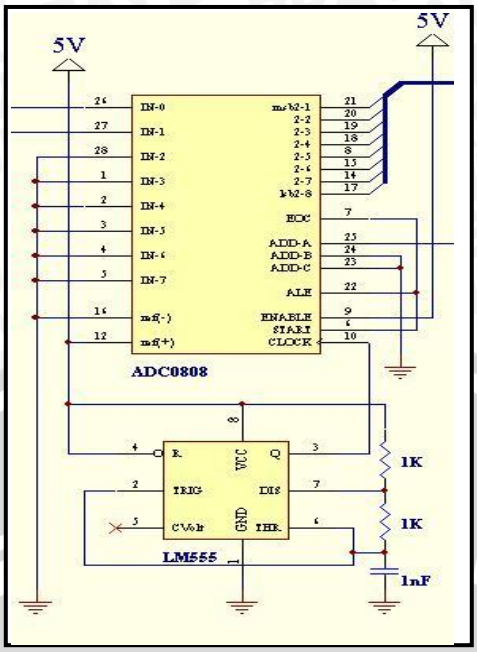
Sumber: Perancangan

No	Kondisi	R(Ω)	Vout	ADC
1	Jernih	1 K	4,5 V	230
2	Kotor	100 K	0,49 V	25

1. $\frac{10}{11} \times 5V = 4{,}5\ V$
2. $\frac{10}{101} \times 5V = 0{,}49\ V$

4.7 ADC 0808

Tegangan analog dari *output* rangkaian pengukur pH dan ketinggian dirubah menjadi tegangan digital menggunakan satu rangkaian ADC (*Analog Digital Converter*). Rangkaian ADC 0808 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.8. Rangkaian ADC 0808

Sumber: Perancangan

ADC 0808 akan mengkonversi tegangan antara 0 sampai dengan 5 volt, sehingga tegangan referensi yang diberikan adalah :

$$V_{out} = V_{ref} (a_1 2^{-1} + a_2 2^{-2} + \ldots + a_8 2^{-8})$$

$$5\ V = V_{ref} (1/2 + ¼ + \ldots\ldots + 1/256)$$

$$5\ V = V_{ref} (0{,}996)$$

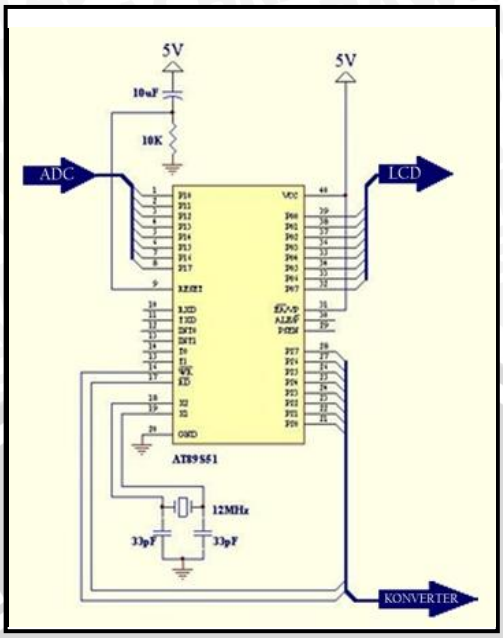
$$V_{ref} = 5/0{,}996 = 5{,}020\ V \approx 5V$$

Besar kenaikan tegangan tiap step atau resolusi dari ADC ini adalah :

$$\frac{Vref}{2^n - 1} = \frac{5V}{2^8 - 1} = 0{,}019607 = 19{,}6mV/bit$$

4.8 Mikrokontroller AT89S51

Pada perancangan ini, menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai pengatur aliran data dari ADC menuju LCD dan konverter. Dalam Gambar 4.8 ditunjukkan pin-pin mikrokontroler AT89S51 yang terhubung ke ADC, LCD, dan pengkondisi sinyal untuk PLC (*converter*).



Gambar 4.9. Rangkaian AT89S51

Sumber: Perancangan

Agar sebuah mikrokontroler dapat bekerja sebagai pengontrol, kaki-kaki/*port* mikrokontroler dihubungkan dalam rangkaian-rangkaian eksternal. Dalam perancangan ini, *port* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Port 0

   P0.0-0.7 digunakan digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan alamat ke *bus* data LCD D0-D7

2. Port 1

   P1.0-1.7 digunakan sebagai saluran input ADC 0804

3. Port 2

   P2.0-2.7 digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan data ke converter

4. Port 3

   Port $\overline{WR}$ (*Write*), $\overline{RD}$ (*Read*) disambungkan ke converter

5. XTAL1 dan XTAL2

   Digunakan sebagai *input* dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri dari kristal osilator 12 MHz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 33 pF, akan membangkitkan pulsa *clock* yang menjadi penggerak bagi seluruh operasi internal mikrokontroler.

6. VCC

   VCC dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V sesuai dengan tegangan operasi *chip* tunggal yang diijinkan dalam *data sheet*.

7. GND

   GND dihubungkan ke *ground* catu daya.

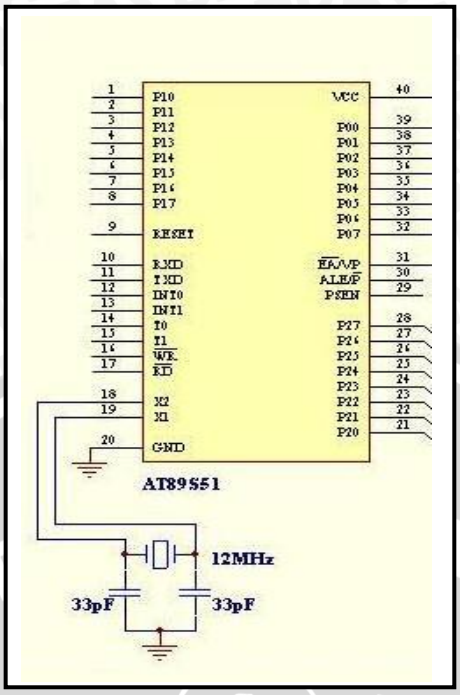
8. Reset

   Digunakan untuk mereset program kontrol mikrokontroler, maka pin reset diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal reset, kapasitor dihubungkan dengan VCC dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground.*

4.8.1 Perencanaan *Clock*

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini menggunakan osilator *internal* yang telah tersedia dalam *chip* AT89S51. Untuk menentukan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan kristal dalam pin 19 (X_1) dan pin 18 (X_2) serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Besarnya kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi dalam lembar data AT89S51 yaitu 33 pF. Kristal yang digunakan adalah 12 MHz. Gambar 4.9 memperlihatkan rangkaian *clock* yang direncanakan.



Gambar 4.10. Rangkaian clock

Sumber: Perancangan

4.8.2 Perencanaan Rangkaian *Reset*

Untuk me-*reset* mikrokontroler AT89S51, maka pin RST diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal *reset* kapasitor dihubungkan dengan V_{CC} dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*.

Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 12 MHz, maka satu periode membutuhkan waktu sebesar :

$$T = \frac{1}{f_{XTAL}} = \frac{1}{12MHz} s = 8{,}33 \text{ x } 10^{-8} \text{ s}$$

Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk me*reset* mikrokontroler adalah :

$t_{reset(min)}$ = T x periode yang dibutuhkan

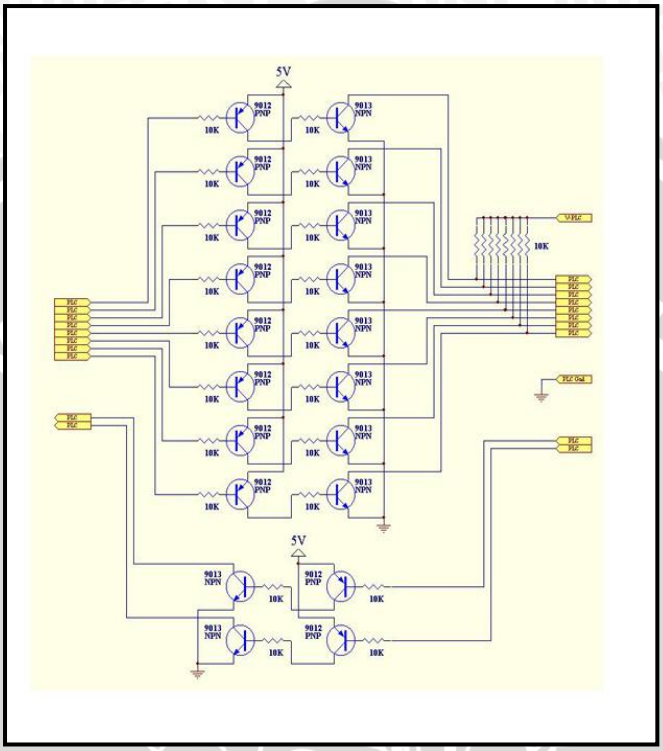
= 8,33 x 10^{-8} x 24 = 2 µs

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 1 µs untuk me-*reset*.

4.9 Pengkondisi Sinyal Untuk PLC

Prinsip rangkaian konverter merupakan rangkaian transistor sebagai saklar. Rangkaian ini terdiri dari gabungan transistor tipe NPN dan PNP seperti

yang ditunjukkan dalam Gambar 4.10. Fungsinya adalah untuk mengubah level tegangan keluaran ADC yaitu 0V – 5V pada logika 0 dan 1 menjadi level tegangan yang sesuai dengan level tegangan input PLC yaitu sebesar 0V – 12V pada logika 0 dan1.

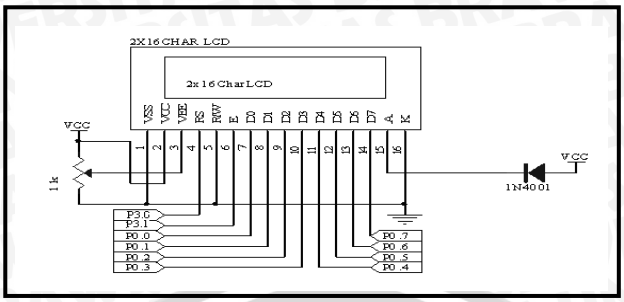


Gambar 4.11. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk PLC

Sumber: Perancangan

4.10 Rangkaian LCD

LCD yang digunakan adalah tipe M1632 (16 kolom x 2 baris). *Bus* data LCD (D0-D7) terhubung dengan port 0 mikrokontroler (P0.0-P0.7). Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin R/W dihubungkan dengan *ground*. RS dihubungkan dengan pin 2.6 dari mikrokontroler. Sedangkan untuk mengaktifkan E (*Enable*) LCD dibutuhkan keluaran dari pin 3.1. Untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variabel 1 kΩ. Gambar LCD dan konfigurasi pinnya dapat dilihat dalam Gambar 4.11.



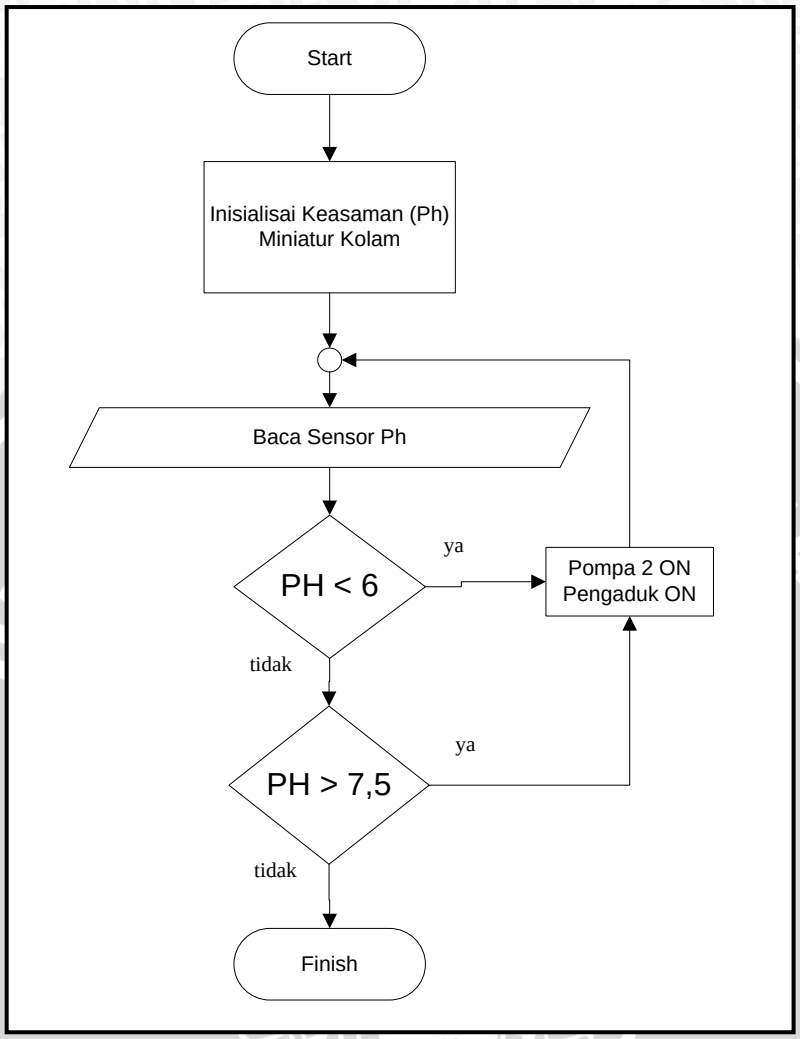
Gambar 4.12. Skema rangkaian LCD

Sumber: Perancangan

4.11 PLC (Programmable Logic Controller)

Langkah awal untuk pembuatan perangkat lunak (*software*) pada suatu sistem maka perlu disusun terlebih dahulu diagram alir dari sistem tersebut. Perancangan perangkat lunak pada PLC yang dalam hal ini berbentuk diagram tangga maka perlu untuk memperhatikan diagram alir dari proses kerja masing-masing sensor dan aktuator yang digunakan. Diagram alir ini dapat memudahkan pembuatan program diagram tangga pada PLC sehingga dapat tersusun secara baik, juga dapat mempermudah dalam penulisannya. *Flowchart* untuk variabel pH dapat dilihat dalam Gambar 4.12 dan *flowchart* untuk variabel ketinggian dapat dilihat dalam Gambar 4.13.

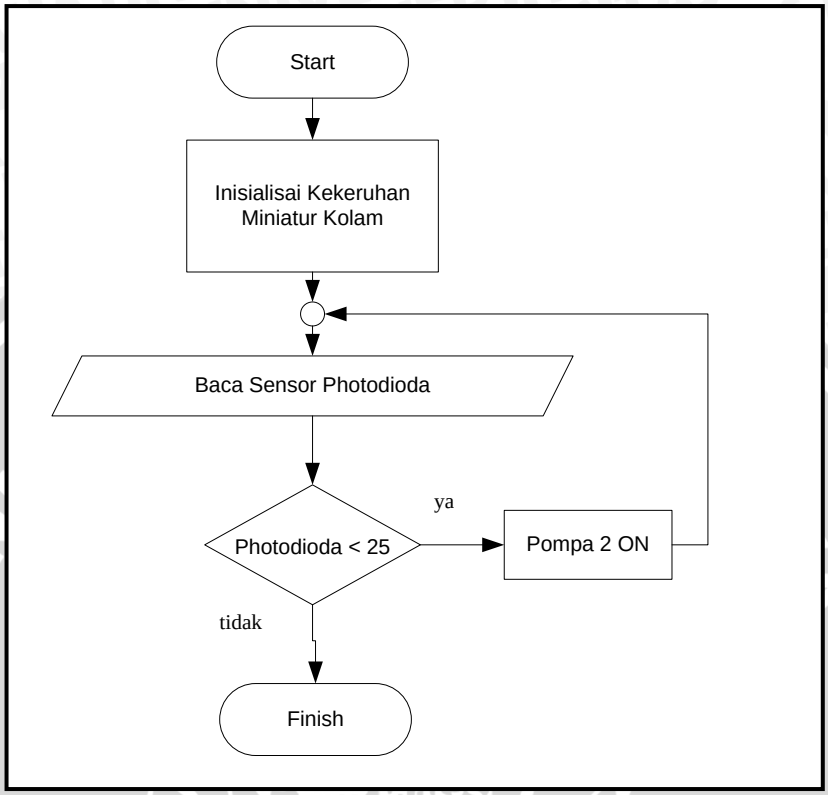
a. Variabel pH



Gambar 4.13. Diagram alir variabel pH

Sumber: Perancangan

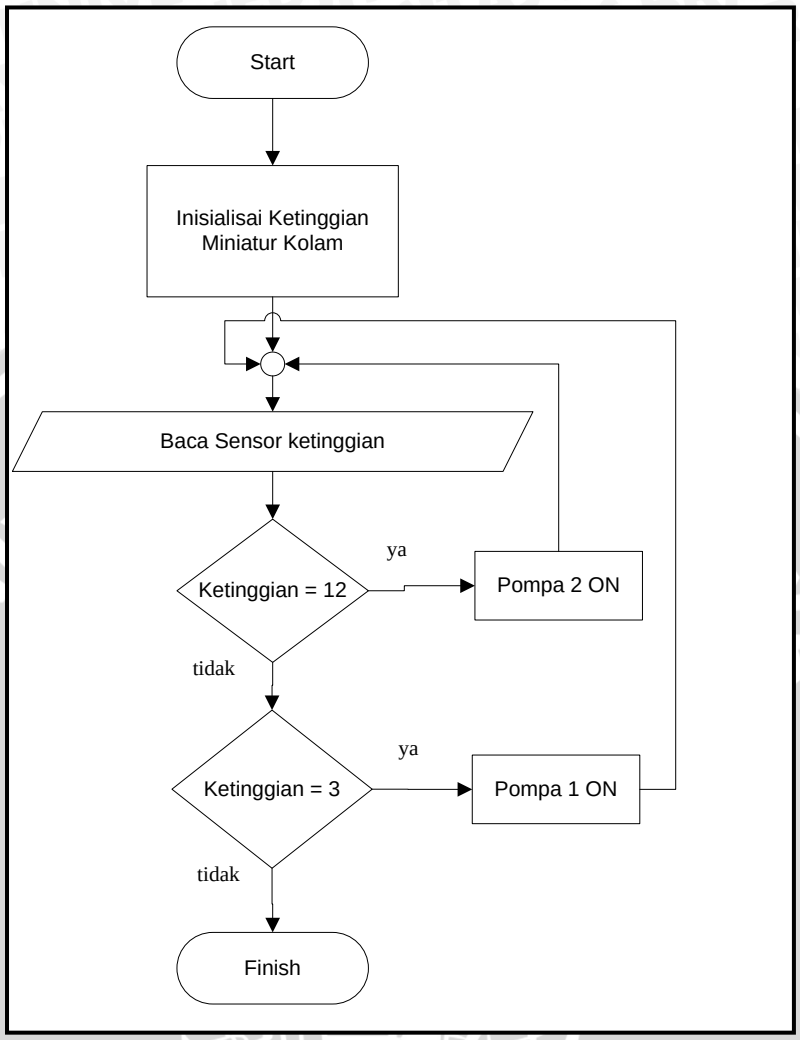
b. Variabel kekeruhan



Gambar 4.14. Diagram alir variabel kekeruhan

Sumber: Perancangan

c. Variabel ketinggian



Gambar 4.15. Diagram alir variabel ketinggian

Sumber: Perancangan

Setelah merencanakan diagram alir sistem, maka sebelum direalisasikan ke dalam bentuk diagram tangga perlu ditentukan dahulu pengalamatan I/O pada PLC. Penentuan I/O pada PLC disesuaikan dengan perencanaan perangkat keras sistem. Pengalamatan I/O pada PLC dapat dilihat dalam Tabel 4.1 dan 4.2

Tabel 4.1. Tabel pengalamatan *input* PLC

Sumber: Perancangan

Alamat	Keterangan	Simbol
000.00	Data ADC bit 1	ADC1
000.01	Data ADC bit 2	ADC2
000.02	Data ADC bit 3	ADC3
000.03	Data ADC bit 4	ADC4
000.04	Data ADC bit 5	ADC5
000.05	Data ADC bit 6	ADC6
000.06	Data ADC bit 7	ADC7
000.07	Data ADC bit 8	ADC8

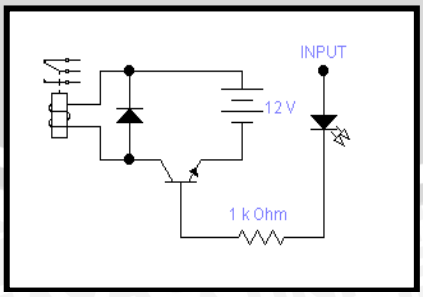
Tabel 4.2. Tabel pengalamatan *output*

Sumber: Perancangan

Alamat	Keterangan	Simbol
100.00	Pompa 1	POMPA_1
100.01	Pompa 2	POMPA_2
100.03	Pengaduk	PENGADUK
100.04	*Request* data photodioda	DATA_PHOTO
100.05	*Request* data pH	DATA_PH
100.06	*Request* data level	DATA_LEVEL

4.12 Relay

Karena keluaran dari masing-masing sensor (sensor suhu dan sensor gas) pada taraf tegangan 0 – 5 volt (logika *high*) sedangkan untuk PLC sendiri membutuhkan tegangan untuk masukan minimal 12 volt, maka dibutuhkan relay untuk mengaktifkan atau memberikan sinyal ke PLC untuk memberikan logika *high* maupun *lo*w. Rangkaian relay apat dilihat dalam Gambar 4.16.



Gambar 4.16. Rangkaian relay

Sumber: Perancangan

BAB V
PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini dibagi menjadi lima bagian, yaitu

- Pengujian rangkaian sensor pH
- Pengujian rangkaian sensor level
- Pengujian rangkaian sensor kekeruhan
- Pengujian rangkaian ADC
- Pengujian mikrokontroler dan LCD
- Pengujian sistem menggunakan PLC

5.1 Pengujian Rangkaian Sensor pH

5.1.1 Tujuan pengujian

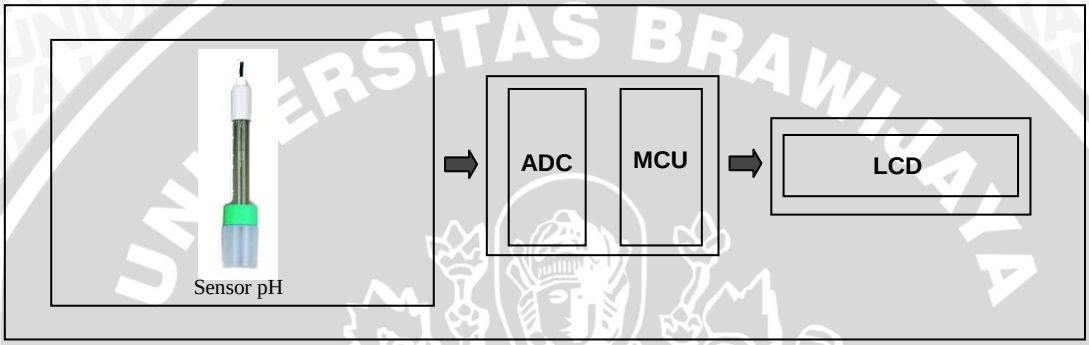
Pengujian rangkaian sensor pH LUTRON PE-03 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut. Dimana nilai pH dapat diketahui dengan cara melihat nilai pH yang ditampilkan dalam LCD.

5.1.2 Peralatan pengujian

- Catu daya 5V DC
- Sensor pH
- pH meter
- pH *tester*
- Rangkaian sistem (ADC, MCU, dan LCD) untuk menampilkan data pH yang terdeteksi oleh sensor.

5.1.3 Prosedur pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian sensor pH seperti yang ditunjukan dalam Gambar 5.1.
- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Melihat data pH yang muncul di LCD.
- Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.1.



Gambar 5.1. Blok diagram pengujian rangkaian sensor pH

5.1.4 Hasil pengujian

Hasil pengujian rangkaian sensor pH ditunjukan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil pengujian rangkaian sensor pH

No.	Sampel	pH Meter	Hasil Pembacaan	Error (%)
1	Buffer pH 3	3	3	0
2	Buffer pH 4	4	4	0
3	Air Jeruk Nipis	6,31	6,2	1,77
4	Air Sumur	6,75	6,7	0,75
5	Alkohol 95 %	6,92	6,9	0,29
6	Buffer pH 7	7	7	0
7	Air Sabun Mandi	8,48	8,6	1,4
8	Air Detergen	9,73	9,7	0,31
9	Air Kapur	9,95	10	0,5
10	Buffer pH 10	10	10	0
Kesalahan Rata-Rata (%)				0,502

5.1.5 Analisis hasil pengujian

Dari data dalam Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa kesalahan rata-rata sebesar 0,502%. Prosentase kesalahan didapatkan dengan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\%Kesalahan = \left| \frac{V_{out}Perhitungan - V_{out}Pengukuran}{V_{out}Perhitungan} \right| \times 100\% \qquad (5\text{-}2)$$

$$\%Kesalahan\ rata-rata = \frac{\Sigma \%Kesalahan}{n} \qquad (5\text{-}3)$$

n = banyaknya pengujian yang dilakukan

Adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan :

- Toleransi komponen yang digunakan..
- Error/kesalahan maksimum dari komponen.

5.2 Pengujian Rangkaian Sensor Level

5.2.1 Tujuan pengujian

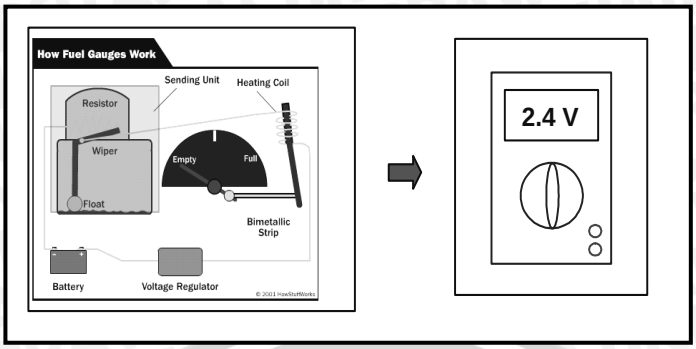
Pengujian rangkaian sensor level bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut.

5.2.2 Peralatan pengujian

- Catu daya 5V DC
- Sensor Level
- Multimeter digital

5.2.3 Prosedur pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian sensor level seperti yang ditunjukan dalam Gambar 5.2.
- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Mengukur tegangan keluaran sensor dengan menggunakan multimeter.
- Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.2.



Gambar 5.2. Blok diagram pengujian rangkaian sensor level

5.2.4 Hasil pengujian

Hasil pengujian dari rangkaian sensor level ditunjukan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil pengujian rangkaian sensor level

No.	Ketinggian (cm)	V_{out} Sensor (mV)		Kesalahan (%)
		Perhitungan	Pengukuran	
1.	1 cm	0,357	0,36	0,84
2.	2 cm	0,714	0,71	0,56
3.	3 cm	1,07	1,07	0
4.	4 cm	1,43	1,42	0,69
5.	5 cm	1,79	1,78	0,56
6.	6 cm	2,14	2,13	0,46
7.	7 cm	2,5	2,51	0,4
8.	8 cm	2,86	2,85	0,35
9.	9 cm	3,21	3,22	0,31
10.	10 cm	3,57	3,55	0,56
11.	11 cm	3,93	3,92	0,25
12.	12 cm	4,28	4,26	0,46
13.	13 cm	4,64	4,66	0,43
14.	14 cm	5,0	4,98	0,4
Kesalahan Rata-rata (%)				0,45

5.2.5 Analisis hasil pengujian

Dari data dalam Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa kesalahan rata-rata sebesar 0,45%. Prosentase kesalahan didapatkan dengan perhitungan menggunakan persamaan (5-2) dan (5-3).

Adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan :

- Kurang presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengukuran tegangan keluaran (V_{out}) sensor level.

5.3 Pengujian Rangkaian Sensor kekeruhan

5.3.1 Tujuan pengujian

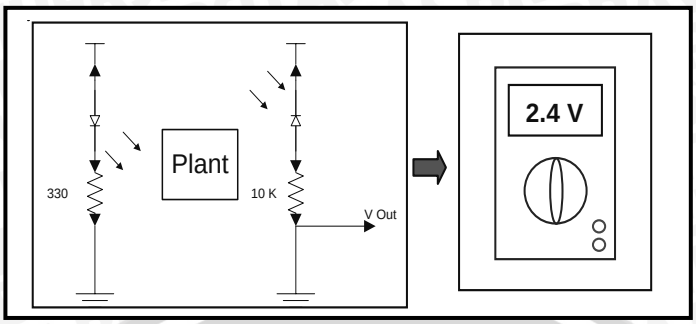
Pengujian rangkaian sensor kekeruhan bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut.

5.3.2 Peralatan pengujian

- Catu daya 5V DC
- Sensor kekeruhan
- Multimeter digital

5.3.3 Prosedur pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian sensor level seperti yang ditunjukan dalam Gambar 5.3.
- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Mengukur tegangan keluaran sensor dengan menggunakan multimeter.
- Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.3.



Gambar 5.3. Blok diagram pengujian rangkaian sensor kekeruhan

5.3.4 Hasil pengujian

Hasil pengujian dari rangkaian sensor level ditunjukan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil pengujian rangkaian sensor kekeruhan

No.	Kondisi	ADC hari 1		ADC hari 2	
		Bersih	Kotor	Bersih	Kotor
1.	Pagi	30	10	29	11
2.	Siang	33	15	34	15
3.	Malam	27	4	27	5

Gambar 5.4. Tampilan LCD kondisi sensor photodiode pada kondisi air bersih

Gambar 5.5. Tampilan Alat pada kondisi air bersih

Gambar 5.6. Tampilan LCD kondisi sensor photodiode pada kondisi air kotor

Gambar 5.7. Tampilan Alat pada kondisi air kotor

5.4 Pengujian Rangkaian ADC

5.4.1 Tujuan pengujian

Tujuan pengujian rangkaian ADC tipe 0808 adalah untuk mengetahui hasil pengkonversian data oleh ADC serta besarnya tingkat prosentase kesalahan pada rangkaian ADC. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan masukan yang berbeda-beda pada ADC sebagai pengganti tegangan keluaran dari pengkondisi sinyal sensor. Data keluaran pada ADC dapat dilihat pada kondisi nyala LED yang terpasang pada tiap-tiap pin keluaran digitalnya. Kondisi nyala LED merupakan data nilai biner keluaran dari ADC yang kemudian dikonversi ke dalam nilai desimal.

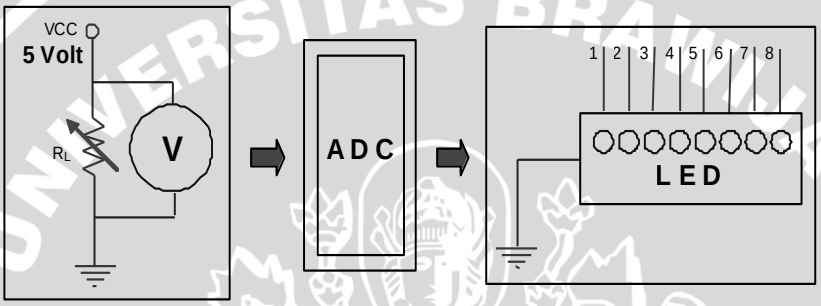
5.4.2 Peralatan pengujian

- Catu daya 5V DC
- Rangkaian pembagi tegangan
- Rangkaian 8 buah LED sebagai indikator keluaran dari ADC
- Multimeter digital

5.4.3 Prosedur pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian ADC seperti yang ditunjukan dalam Gambar 5.8.

- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Mengatur V_{in} ADC sehingga dapat berubah-ubah sesuai yg diinginkan dengan merubah nilai R_L pada rangkaian pembagi tegangan.
- Mengamati nyala setiap LED ketika V_{in} ADC sesuai dengan yang diinginkan dan kemudian dikonversi ke dalam nilai desimal.
- Memasukkan hasil pengujian ke dalam Tabel 5.3.



Gambar 5.8. Blok diagram pengujian rangkaian ADC

5.4.3 Hasil pengujian

Hasil pengujian dari rangkaian ADC 0808 ditunjukkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.4. Hasil pengujian rangkaian ADC

No.	V_{in} ADC (Volt)	Keluaran ADC (desimal)		Kondisi LED								Kesalahan (%)
		Perhitungan	Pengukuran	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.	0	0	0									0
2.	0.5	25	25				■	■			■	0
3.	1	51	52			■	■		■			1.96
4.	1.5	76	77		■			■	■		■	1.32
5.	2	102	103		■	■			■	■	■	0.98
6.	2.5	127	128	■								0.79
7.	3	153	154	■			■	■		■		0.65
8.	3.5	178	179	■		■	■			■	■	0.56
9.	4	204	205	■	■			■	■		■	0.49
10.	4.5	229	230	■	■	■			■	■		0.44
11.	5	255	255	■	■	■	■	■	■	■	■	0
Kesalahan rata-rata (%)												0.65

Keterangan tabel :

- ❖ Putih (LED padam)
- ❖ Merah (LED menyala)

5.4.4 Analisis hasil pengujian

ADC 0808 mampu mengkonversi masukan analog 0V sampai 5V menjadi keluaran biner 8 bit dengan kesalahan rata-rata sebesar 0,65%. Data keluaran (desimal) dari ADC menyesuaikan dengan resolusi dari ADC tersebut.

5.5 Pengujian Mikrokontroler dan LCD

5.5.1 Tujuan pengujian

Pengujian sistem mikrokontroler dan LCD adalah untuk mengetahui bahwa masing-masing pin pada *port* 0 mikrokontroler dapat mengirim data menuju LCD sesuai dengan program yang dibuat dan LCD dapat menampilkan data karakter dengan benar.

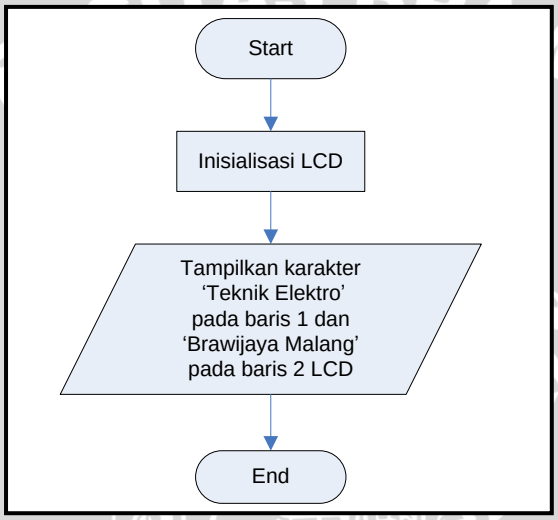
5.5.2 Peralatan pengujian

- ▪ Catu daya 5V DC

- Mikrokontroller AT89S51
- Modul LCD M1632

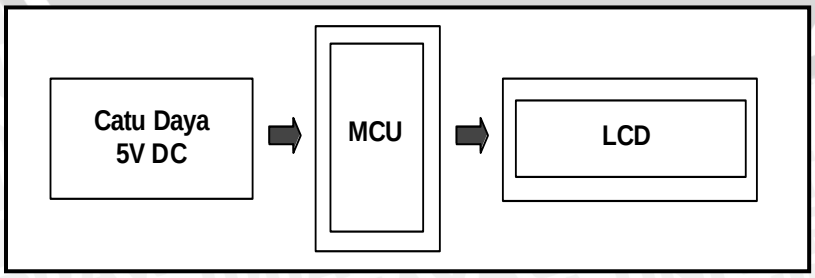
5.5.3 Prosedur pengujian

- Membuat program pada mikrokontroler dengan menggunakan bahasa *assembly* untuk menampilkan data karakter jurusan "Teknik Elektro" pada baris pertama dan universitas "Brawijaya Malang" pada baris kedua di LCD. Diagram alir program pada mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9. Diagram alir program pada Mikrokontroler

- Menyusun rangkaian pengujian mikrokontroler dan LCD seperti yang ditunjukan dalam Gambar 5.9.
- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Melihat data karakter yang ditampilkan di LCD.



Gambar 5.10. Blok diagram pengujian Mikrokontroler dan LCD

5.5.4 Hasil pengujian

Data karakter yang diprogram pada mikrokontroler dapat ditampilkan dengan baik pada LCD, dibuktikan dengan ditampilkannya karakter jurusan dan universitas seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.11.

Gambar 5.11. Tampilan data karakter pada LCD

5.6 Pengujian Sistem Menggunakan PLC

5.6.1 Tujuan pengujian

Pengujian sistem dengan menggunakan PLC bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari diagram tangga yang telah dibuat untuk memprogram PLC sehingga dapat memfungsikan PLC sebagai alat kendali pH dan level secara otomatis dalam sistem ini dengan baik sesuai dengan perancangan. Dikarenakan tidak adanya korelasi atau hubungan antara perubahan kadar keasaman (pH) terhadap perubahan level maka pengujian dilakukan dengan terpisah untuk masing-masing sistem pengendalian pH dan level.

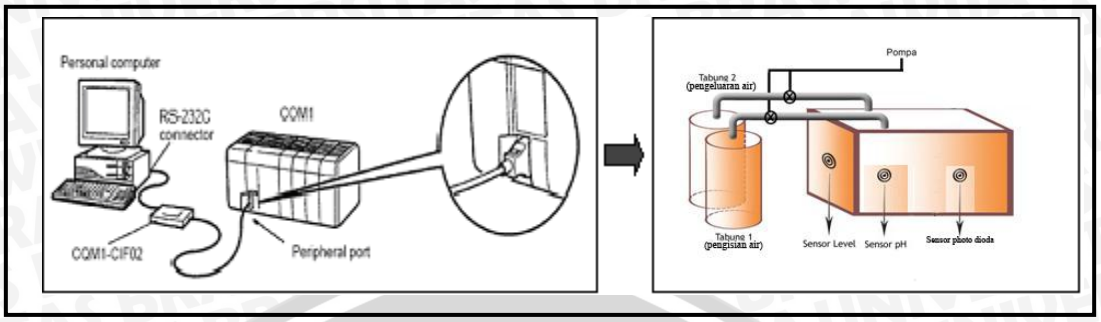
5.6.2 Peralatan pengujian

- Catu daya 220V AC
- PLC OMRON CQM1
- Satu unit PC (sudah terinstal program SYSWIN 3.4)
- Rangkaian I/O untuk PLC
- Miniatur kolam (40cm x 20cm x 20cm), seperti yang terlihat dalam Gambar 5.7
- Cairan asam
- Air kapur

Gambar 5.12. Realisasi Miniatur Kolam

5.6.3 Prosedur pengujian

- Menghubungkan PC dengan PLC menggunakan kabel *serial* RS-232 Adapter.
- Menghubungkan rangkaian *input* dan *output* sistem dengan PLC seperti yang ditunjukan pada Gambar 5.12.
- Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- *Download* diagram tangga yang telah dirancang menggunakan program SYSWIN 3.4 dari PC ke dalam PLC.
- Mengubah kondisi PLC pada program SYSWIN 3.4 menjadi posisi *Run.*
- Mengamati kerja dari diagram tangga pada PC menggunakan program SYSWIN 3.4.
- Melakukan pengujian untuk setiap masing-masing kondisi *input* (pH, level dan photodioda).
- Mengamati kerja dari aktuator (pompa dan pengaduk).
- Mengamati perubahan pH, level dan photodioda yang tertampil pada LCD.
- Memasukkan hasil pengamatan ke dalam Tabel 5.7.



Gambar 5.13. Blok Diagram Pengujian PLC

5.6.4 Hasil pengujian

5.6.4.1 Hasil pengujian diagram tangga pada PLC

Karena *input* PLC dalam sistem ini berasal dari *output* ADC yaitu data biner 8 bit yang merupakan kondisi pH dan level, maka *set point* kedua kondisi tersebut perlu dikonversi terlebih dahulu kedalam bentuk heksadesimal agar dapat diprogram dalam PLC. Untuk kondisi pH dan level masing-masing dibagi kedalam dua macam *input* yaitu lebih besar, lebih kecil atau sama dengan *set point* (6,7 untuk pH dan 12 untuk level). Data heksadesimal untuk *set point* kondisi pH dan level dapat dilihat pada Tabel 5.4. Sedangkan data hubungan antara I/O pada PLC dapat dilihat dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Data heksadesimal pada PLC untuk *set point* kondisi pH dan level

Input	Data Heksadesimal	Keterangan
pH 1	< 6	pH < 6
pH 2	> 7,5	pH > 7,5
Level	= C	Level = 12 cm
Photodioda	< 25	Chy < 25

Tabel 5.6. Hubungan antara I/O pada PLC

Input	Output			
	Simbol	**Alamat**	**Status**	**Keterangan**
pH 1	POMPA_2	100.01	ON	Selama 21 *s*
	PENGADUK	100.03	ON	Selama 7 *s*
pH 2	POMPA_2	100.01	ON	Selama 21 *s*
	PENGADUK	100.03	ON	Selama 7 *s*
Level	POMPA 1	100.00	ON	Selama 21 *s*
Photodioda	POMPA_2	100.01	ON	Selama 7 *s*
	PENGADUK	100.03	ON	Selama 7 *s*

Dari hasil pengujian kerja sistem menggunakan hubungan I/O tersebut maka dapat diketahui waktu respon PLC dari data instruksi dalam *statement list* diagram tangga yang telah dirancang menggunakan program SYSWIN 3.4. Keseluruhan data instruksi pada *statement list* dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.7. Data instruksi dalam *statement list*

No.	Kode Instruksi	Operand	Waktu Eksekusi (µs)
1.	LD NOT	TIM002	0.375
2.	TIM	007,#100	1.125
3.	LD NOT	TIM000	0375
4.	TIM	008,#0010	1.125
5.	LD	TIM008	0.375
6.	TIM	000,#0001	1.125
7.	LD	TIM007	0.375
8.	OUT	100.05	0.563
9.	LD NOT	TIM008	0.375
10.	AND NOT	100.05	0.375
11.	OUT	100.06	0.563
12.	LD	100.05	0.375

13.	OR	100.07	0.375
14.	AND NOT	TIM011	0.375
15.	OUT	100.07	0.563
16.	LD	100.07	0.375
17.	TIM	011,#0080	1.125
18.	LD	100.05	0.375
19.	OUT	TR0	0.563
20.	AND NOT	TIM002	0.375
21.	MOV	000,200	19.8
22.	LD	TR0	0.375
23.	TIM	002,#0005	1.125
24.	LD	100.07	0.375
25.	OUT	TR0	0.563
26.	CMP	200,#0007	20.1
27.	AND	255.07	0.375
28.	LD	TR0	0.375
29.	AND	202.03	0.375
30.	OR LD		0.375
31.	AND NOT	255.05	0.375
32.	AND NOT	255.06	0.375
33.	OUT	202.03	0.563
34.	LD	TR0	0.375
35.	AND	255.05	0.375
36.	LD	TR0	0.375
37.	AND	202.02	0.375
38.	OR LD		0.375
39.	AND NOT	255.07	0.375
40.	AND NOT	255.06	0.375
41.	OUT	202.02	0.563
42.	LD	202.03	0.375
43.	OUT	TR0	0.563

44.	AND NOT	TIM003	0.375
45.	OUT	100.01	0.563
46.	LD	TR0	0.375
47.	TIM	003,#0070	1.125
48.	LD	202.02	0.375
49.	OUT	TR0	0.563
50.	AND NOT	TIM009	0.375
51.	OUT	100.00	0.563
52.	LD	TR0	0.375
53.	TIM	009,#0070	1.125
54.	LD	100.00	0.375
55.	OR	100.01	0.563
56.	OUT	TR0	0.563
57.	AND NOT	TIM010	0.375
58.	OUT	100.03	0.563
59.	LD	TR0	0.375
60.	TIM	010,#0070	1.125
61.	LD	100.06	0.375
62.	OUT	TR0	0.563
63.	AND	TIM005	0.375
64.	MOV	000,201	19.8
65.	LD	TR0	0.375
66.	TIM	005,#0002	1.125
67.	LD NOT	100.08	0.375
68.	OUT	TR0	0.563
69.	CMP	201,#0005	20.1
70.	AND	255.06	0.375
71.	LD	TR0	0.375
72.	AND	202.01	0.375
73.	OR LD		0.375
74.	AND NOT	TIM006	0.375

75.	OUT	202.01	0.563
76.	LD	202.01	0.375
77.	OUT	100.04	0.563
78.	TIM	006,#0050	1.125
79.	END		28.0
TOTAL			144.933

Dengan menggunakan data pada Tabel 5.6 dan datasheet PLC OMRON CQM1, maka waktu respon I/O sistem pada PLC dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

- Penundaan ON pada masukan = 8 ms
- Waktu pengawasan = 0,8 ms
- Total waktu eksekusi instruksi = 144,933 μs = 0,145 ms
- Penundaan ON pada keluaran = 10 ms
- Saat me-*refresh* keluaran melalui siklus digunakan :
  - waktu respon I/O minimal, yaitu :

    8 ms + 0,8 ms + 0,145 ms + 10 ms = 18,945 ms
  - waktu respon I/O maksimal, yaitu :

    8 ms + ((0,8 + 0,145) ms * 2)+ 10 ms = 19,89 ms
- Saat me-*refresh* keluaran secara langsung digunakan :
  - waktu respon I/O minimal, yaitu :

    8 ms + 0,8 ms + 10 ms = 18,8 ms
  - waktu respon I/O maksimal, yaitu :

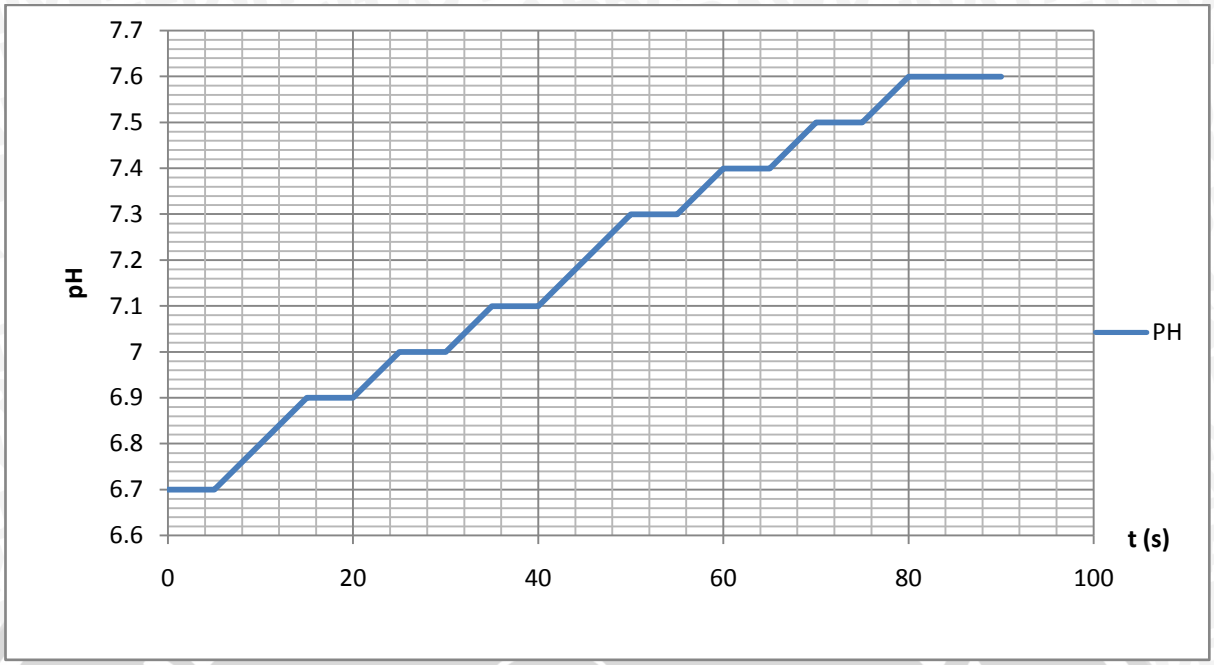
    8 ms + 0,8 ms + 0,145 ms + 10 ms = 18,945 ms

5.6.4.2 Hasil pengujian sistem pengendalian pH

Tabel 5.8. Hasil pengujian sistem pengendalian pH batas atas

kondisi basa	
t (s)	PH
0	6.7
5	6.7
10	6.8
15	6.9
20	6.9
25	7
30	7
35	7.1
40	7.1
45	7.2
50	7.3
55	7.3
60	7.4
65	7.4
70	7.5
75	7.5
80	7.6
85	7.6
90	7.6

Data pada tabel 5.8 dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti yangditunjukkan dalam Gambar 5.10.

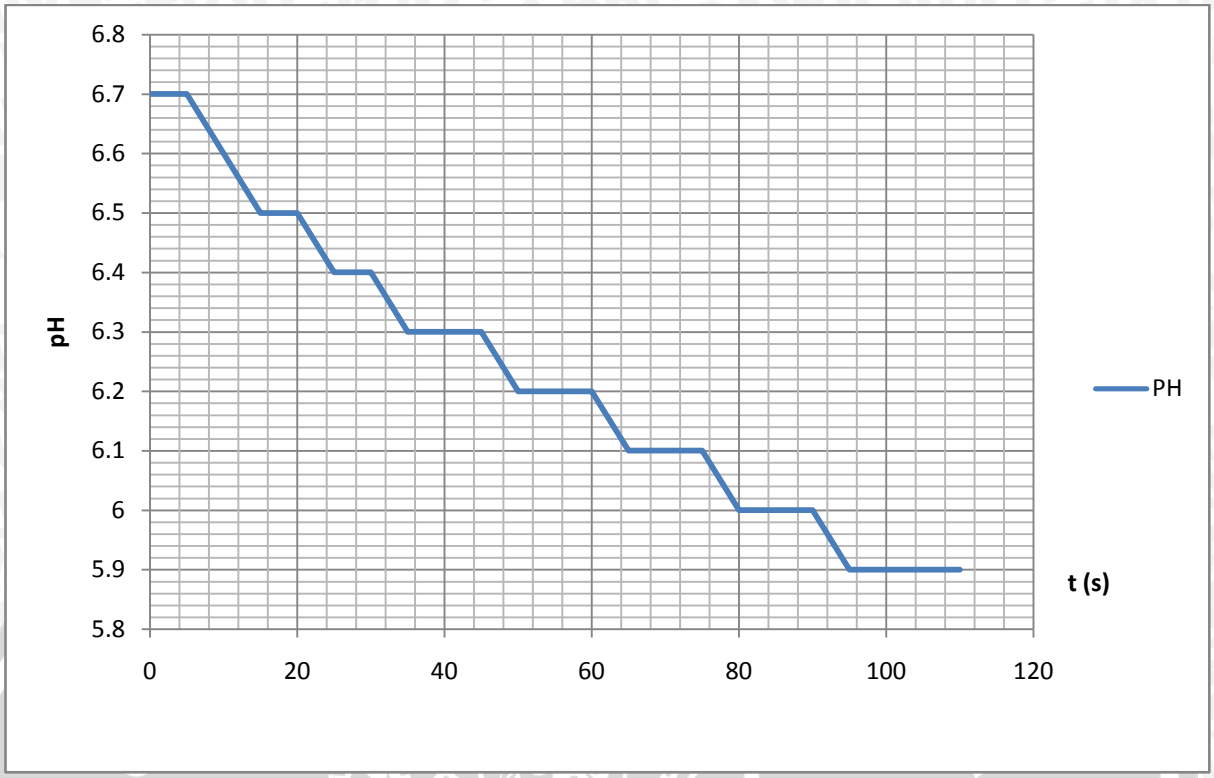


Gambar 5.14. Grafik perubahan kondisi pH terhadap waktu

Tabel 5.9. Hasil pengujian sistem pengendalian pH batas bawah

kondisi asam	
t (s)	PH
0	6.7
5	6.7
10	6.6
15	6.5
20	6.5
25	6.4
30	6.4
35	6.3
40	6.3
45	6.3
50	6.2
55	6.2
60	6.2
65	6.1
70	6.1
75	6.1
80	6
85	6
90	6
95	5.9
100	5.9
105	5.9
110	5.9

Data pada tabel 5.9 dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.15.



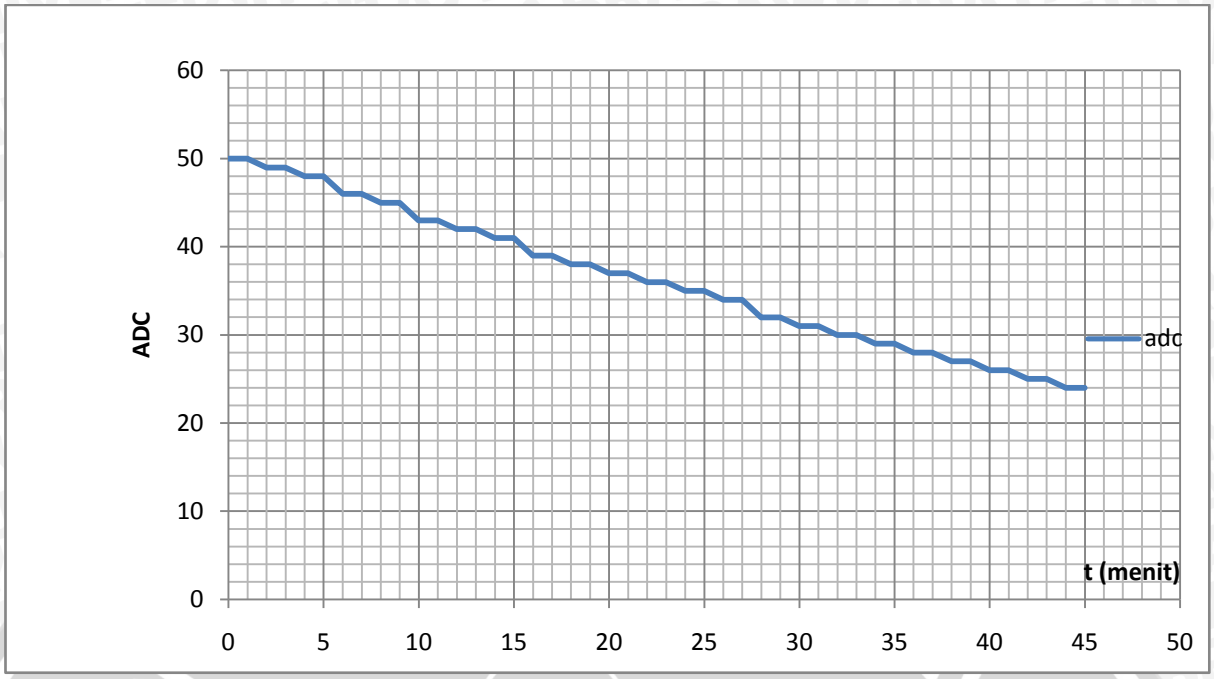
Gambar 5.15. Grafik perubahan kondisi pH terhadap waktu

Tabel 5.10. Hasil pengujian sistem photodioda

t(menit)	adc
0	50
1	50
2	49
3	49
4	48
5	48
6	46
7	46
8	45
9	45
10	43
11	43
12	42
13	42
14	41
15	41
16	39
17	39
18	38
19	38

20	37
21	37
22	36
23	36
24	35
25	35
26	34
27	34
28	32
29	32
30	31
31	31
32	30
33	30
34	29
35	29
36	28
37	28
38	27
39	27
40	26
41	26
42	25
43	25
44	24
45	24

Data pada tabel 5.10 dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.16.



Gambar 5.16. Grafik Hasil pengujian sistem photodioda terhadap waktu

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan sistem pengganti air secara otomatis berdasar kekeruhan dan Ph air pada aquarium dengan menggunakan programmable logic controller dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah alamat eksternal PLC yang digunakan yaitu 8 untuk masukan dan 3 untuk keluaran. Yang dibuat secara langsung menghasilkan respon langsung I/O minimal yang sama saat me-*refresh* keluaran secara langsung digunakan yaitu 18,945 mili detik. Perangkat lunak menghasilkan 76 instruksi, waktu respon I/O minimal saat me-*refresh* keluaran melaui siklus dan maksimal secara langsung digunakan adalah 18,8 mili detik sedangkan waktu respon I/O maksimal saat me-*refresh* keluaran melalui siklus dan maksimal secara langsung digunakan adalah 19,89 mili detik. Sistem dapat dikatakan baik karena bekerja sesuai keadaan yang dinginkan.
2. Sistem bekerja sesuai spesifikasi yang diinginkan yaitu pada pH pada set point 6,7 dan level pada set point 12 cm. Persentase kesalahan pH sebesar 0,502% dan persentase kesalahan level sebesar 0,45%.

6.2 Saran

Dalam pembuatan alat pengendali kadar keasaman masih memiliki keterbatasan sehingga sangat mungkin untuk dilakukan pengembangan dan penempurnaan antara lain :

- Untuk lebih menambah tingkat keakurasian pembacaan pH di semua area pada miniatur kolam, sebaiknya dilakukan penambahan jumlah sensor pH yang akan digunakan, serta perlu diperhatikan pula titik atau *spot* dalam penempatan sensor-sensor tersebut di dalam miniatur kolam.
- Agar alat dapat bekerja lebih maksimal, hendaknya mengunakan pompa yang digunakan pada filter aquarium

- Untuk lebih menambah tingkat keakurasian pembacaan photodioda di semua area pada miniatur kolam, sebaiknya dilakukan penambahan jumlah sensor photodioda yang akan digunakan, serta perlu diperhatikan pula titik atau *spot* dalam penempatan sensor-sensor tersebut di dalam miniatur kolam.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2001. *ADC0801 / ADC0802 / ADC0803 / ADC0804 / ADC0805 / ADC 0808, 8-Bit µP Compatible A/D Converters.* National Semiconductor.

Anonim. 2003. *Indikator Bensin.* http://legenda.ifastnet.com/technical/?p=p_93&sName=indikator-bensin

Anonim. 2008. pH Ikan Dalam Akuarium. http://www.theshrimpfarm.com/ph_in_a_dwarf_shrimp_aquarium.shtml

Buwono, ID. 1992. *Tambak Udang Windu Sistem Pengelolaan Bersifat Intensif*, Edisi Pertama, Konisius, Yogyakarta.

Coughlin, RF. 1982. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Jakarta: Erlangga.

Elektuur.1985. *Data Sheet Book I*, Jakarta : Elex Media Komutindo.

Malvino, AP. 1987. *Prinsip-prinsip Elektronika, Jilid 2, Cetakan ketiga*, terjemahan Prof. M. Barmawi, Ph.D, M.O Tjia, Ph.D. Jakarta : Erlangga.

Ogata, K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta. Penerbit Erlangga.

Setiawan, I. 2006. *Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*. Yogyakarta. Penerbit Andi.

Taslihan, A. 2006. *Kunci Sukses Budidaya Ikan.* http://www.trobos.com/show_article.php?rid=13&aid=243

Tookwinas, S. 2002. *Manajemen Budidaya Ikan yang Baik dan Ramah Lingkungan di Daerah Mangrove.* http://www.seafdec.org.ph/pdf/Best_Management_Practices-Bahasa.pdf

Tooley, M. 2002. *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta. Penerbit Erlangga.

LAMPIRAN