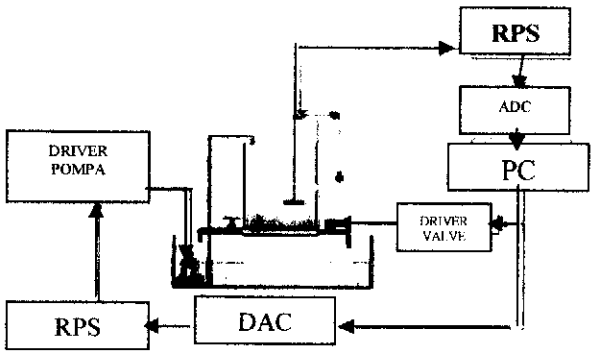
BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Pengendali Level Ketinggian Air dengan Menggunakan Kontrol PID

Perancangan pengendalian level air telah banyak dilakukan salah satunya pada penelitian yang telah ada yaitu "Pengendali Level Ketinggian Air dengan Menggunakan Kontrol PID",(Thiang, Yohanes TDS, Andre Mulya, 2004). Makalah ini menjelaskan tentang aplikasi sistem kontrol pada pengaturan level ketinggian air. Metode kontrol yang digunakan dalam sistem ini adalah kontrol proporsional – integral - derivatif (PID). Semua proses kontrol dan akuisisi data dilakukan dengan menggunakan komputer (PC). Pengujian sistem telah dilakukan untuk mengontrol level air dengan ketinggian antara 0 – 30 cm. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi parameter kontrol PID dengan input berupa fungsi step. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa parameter sistem kontrol level ketinggian air yang paling tepat adalah Kp = 10, Ki = 0,1 dan Kd = 5.

Sistem kerja dari perancangan alat tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Blok diagram Utama

Gambar 2.1 menunjukkan blok diagram sistem yang telah dibuat. *Plant* terdiri dari dua buah bejana atau tangki yang terbuat dari kaca. Tangki yang bawah merupakan tempat penampungan air berukuran 39 x 34 x 35 cm. Tangki yang di atas berfungsi sebagai *plant* yang diatus level ketinggian airnya. Tangki ini berukuran 19 x 14 x 40,5 cm. Sebuah pompa digunakan untuk menaikkan air dari tangki penampungan ke dalam tangki *plant*. Spesifikasi pompa yang digunakan adalah 12 VDC, 3,5 A. Untuk mengatur pembuangan air digunakan sebuah stop kran dan sebuah *solenoid valve*. *Stop* kran digunakan untuk pembuangan air secara manualdan *solenoid valve* untuk pembuangan air yang dikontrol melalui *personal computer* (PC). Sensor yang digunakan untuk mengukur ketinggian air adalah potensiometer. Untuk mengkonversi gerakan naik-turun ketinggian air menjadi gerakan rotasi yang akan memutar potensiometer, digunakan sebuah pelampung dan pemberat yang dirangkai dalam sebuah sistem katrol. Besar potensiometer yang digunakan adalah 5 kΩ. Rangkaian potensiometer yang mengubah ketinggian air menjadi tegangan. Rangkaian ini mengeluarkan tegangan output sebesar 0 – 1,194 volt untuk *range* pengukuran ketinggian air dari 0 – 30 cm.

Dalam perancangan alat sebelumnya ada sebuah kran air manual untuk pembuangan air yang nanti akan digunakan untuk pengujian sistem dengan gangguan, pompa air yang digunakan adalah pompa air DC 12Volt, serta solenoid valve nya mempunyai spesifikasi sistem tegangan AC 220 Volt.

Sedangkan pada tugas akhir yang dibuat sekarang tidak digunakan kran air manual sehingga tidak memperhitungkan pengujian sistem dengan gangguan, spesifikasi pompa air yang digunakan yaitu AC 220 Volt, serta solenoid valve DC 12 Volt. Hal ini dilakukan karena pada tugas akhir ini pengujian dilakukan dengan mengatur ouput keluaran yang dilakukan oleh solenoid valve, sedangkan input masukannya konstan dari pompa air. Perbedaan lain lagi dari sistem sebelumnya yaitu pada tampilan visual. Pada alat sebelumnya tidak memiliki tampilan visual pada PC atau hanya menampilkan grafik PID. Sedangkan pada alat ini terdapat visual tangki yang *real time* yakni kita dapat memonitor langsung ketinggian air yang ditampilkan di PC secara *real time*. Serta terdapat pula tampilan grafik dari keluaran ADC serta grafik kontrol PID.

Untuk tampilan visualisasi dan simulasi kontrol PID pada tangki air, penulis mengadopsi simulasi pengendali PID yang dikembangkan oleh Andrew R Clayton (*http://www.torry.net/authorsmore.php?id=6911*)

2.1.1 Sistem Pengendali

Pengendali merupakan komponen sistem yang berfungsi mengolah informasi yang berasal dari sinyal *state* (state sistem, state input, state output), menjadi sinyal kontrol sedemikian rupa sehingga karekteristik dinamik sistem hasil desain memenuhi spesifikasi performansi tertentu. Dalam perencanaan sebuah sistem kendali, hal pertama yang harus dilakukan adalah mendefinisikan struktur sistem tersebut secara tepat. Perencanaan ini biasanya dilakukan agar memenuhi terhadap spesifikasi berikut :

- Ketelitian
- Kecepatan memberi jawaban
- *Settling time* paling lama
- Stabilitas

Dalam setiap perancangan pegendali atau spesifikasi kontroler, diperlukan suatu spesifikasi kontrol yang digunakan sebagai acuan perancangan. Pada perancangan kontroller untuk mengetahui level ketinggian air dengan mengatur *valve* keluaran tank, digunakan spesifikasi *performance* untuk respon *transient* sebagai acuan untuk mendapatkan suatu kontroller yang baik. Respons *transient* suatu sistem kontrol secara praktek selalu menunjukkan osilasi teredam sebelum mencapai keadaan mantap (*steady state*).

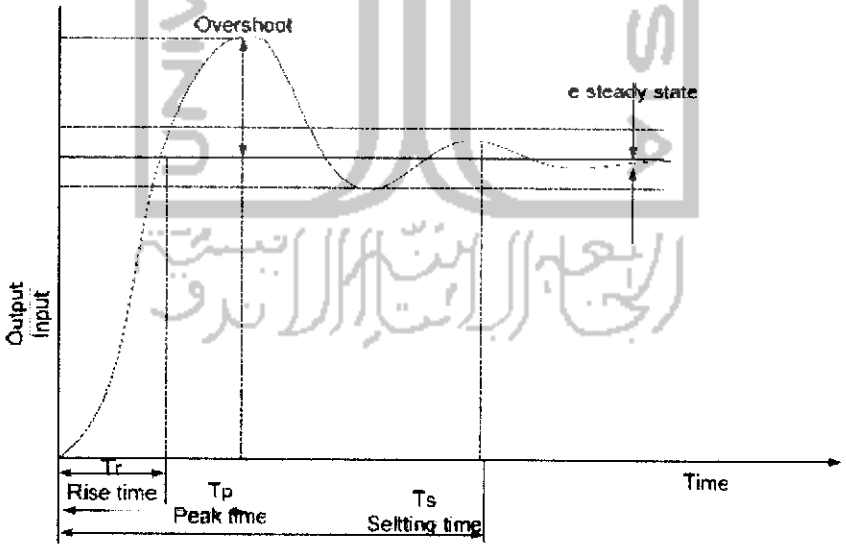
Menurut Ogata, parameter-parameter yang diperlukan untuk menganalisa karakteristik performansi sistem kontrol sebagai berikut :

1) Waktu tunda (*delay time*), td : adalah waktu yang diperlukan oleh respons untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
2) Waktu naik (*rise time*), tr : adalah waktu yang diperlukan oleh respon untuk naik dari 10% menjadi 90%, 5% menjadi 95%, atau 0% menjadi 100% dari nilai akhir yang biasa digunakan. Untuk sistem atas redaman waktu naik yang biasa digunakan 10% menjadi 90%.
3) Waktu puncak (*peak time*), tp : adalah waktu yang diperlukan oleh respon untuk mencapai puncak pertama lewatan (*overshoot*).

Maksimum (persen) *overshoot* (*overshoot maximum*), Mp : adalah nilai puncak kurva, respons ukur dari satuan. Besarnya persen lewatan maksimum menunjukkan kestabilan relatif dari sistem.

4) Waktu penetapan atau waktu turun (*settling time*), ts : adalah waktu yang diperlukan untuk merespon kurva agar dapat mencapai dan tetap berada dalam gugus nilai akhir ukuran yang disederhanakan dengan presentase mutlak harga akhirnya (biasanya 2% atau 5%).

5) Respon *steady state* diamati mulai saat respon masuk dalam keadaan "*steady state*" sampai waktu tak terbatas.



Gambar 2.2 Kurva karakteristik respon *water tank*

2.1.2 Kontrol PID (Proporsional Intergal Derivative)

Didalam suatu sistem kontrol kita mengenal adanya beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol proporsional, aksi kontrol integral dan aksi kontrol derivative. Masing masing aksi pada kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan risetime yang cepat, aksi control integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* sistem , dan aksi kontrol derivative mempunyai keunggulan untuk memperkecil *d-error* (error sebelumnya) atau meredam *overshot/undershot*. Untuk itu agar kita dapat menghasilkan output dengan risetime yang tinggi dan error yang kecil kita dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID.

PID adalah sebuah model matematika berisi Gain+Integral+Derivative yang tepat digunakan untuk mengurangi gap antara variabel yang diinginkan dan variabel kenyataan dengan melakukan penyetelan pada variabel yang dapat mempengaruhi variabel kenyataan.

PID adalah hasil karya matematis yang cukup jitu untuk melakukan iterasi untuk membuat Error menjadi 0. Apa artinya 0 itu? artinya adalah *Process Variable* = *Set Point* atau dapat dikatakan Variabel kenyataan = Variabel yang diinginkan. Jika keduanya sudah sama maka itulah kestabilan dan tujuan pengontrolan sudah tercapai.

Variabel kenyataan = Tanki Kosong
Variabel yang diinginkan = Level air yang diinginkan
Variabel yang mempengaruhi = Kocoran air masuk ke dalam tanki.

Tanggapan Loop Tertutup	Waktu Naik	*Overshoot*	Waktu Turun	Kesalahan Keadaan Tunak
Proporsional (Kp)	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
Integral (Ki)	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivative (Kd)	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

Tabel 2.1 Tanggapan sistem kontrol PID terhadap perubahan parameter

Pada awalnya setiap jenis kontrol memiliki persamaan matematis dalam domain waktu. Untuk memudahkan penulisan program maka setiap persamaan matematis pada tiap-tiap kontrol akan diubah dalam bentuk diskrit atau di transformasi laplace kan. Berikut ini penjelasan tentang apa saja keunggulan dan kerugian pada masing-masing jenis kontrol.

2.1.3 Kontrol P (Kontrol Proporsional)

Untuk kontroler dengan aksi kontrol proposional, hubungan antara masukan kontoler u(t) dan sinyal pembangkit e(t) adalah

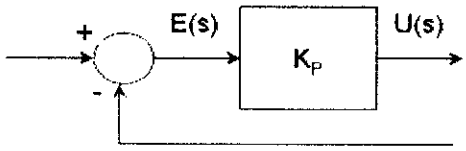
$$U(t) = Kp\ e(t) \tag{2.1}$$

Atau dalam besaran transformasi laplace

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \tag{2.2}$$

Dimana Kp adalah gain proposional

Dengan diagram blok seperti gambar di bawah ini

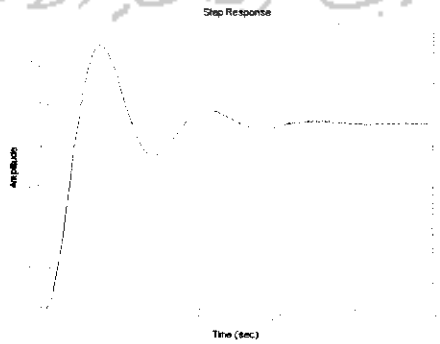


Gambar 2.3. Diagram blok kontroler proposional

Pengaruh kontrol proposional pada sistem yang menggunakannya adalah sebagai berikut :

1. Menambah atau mengurangi kestabilan.
2. Dapat memperbaiki respon transien khusunya *rise time* dan *settling time*.
3. Mengurang error steady state.

Penggunaan kontrol P saja memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kontrol yang dinamik ini. Walaupun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kontrol P ini cukup mampu mencapai konvergensi meskipun error keadaan tenangnya (*steady state error*) relatif besar. Sebagai materi pembelajaran, kontrol P dianggap sangat baik untuk permulaan.



Gambar 2.4 Tanggapan sistem terhadap aksi kontrol proporsional

Penambahan aksi kontrol P mempunyai pengaruh mengurangi waktu naik dan kesalahan keadaan tunak, tetapi konsekuensinya *overshoot* naik cukup besar. Kenaikan *overshoot* ini sebanding dengan kenaikan nilai parameter Kp. Waktu turun juga menunjukkan kecenderungan yang membesar.

2.1.4 Kontrol I (Kontrol Integral)

Untuk pengendali Integral nilai masukan kontroler u(t) diubah pada laju proporsional dari sinyal pembangkit kesalahan e(t).sehingga

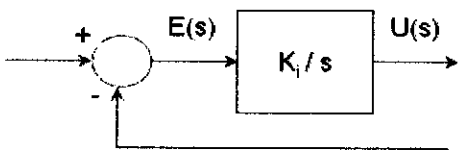
$$\frac{du(t)}{dt} = K_i\, e(t) \qquad (2.3)$$

Atau

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t)\,dt \qquad (2.4)$$

dimana Ki adalah konstanta integral. Fungsi alih dari konstanta integral adalah

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \qquad (2.5)$$



Gambar 2.5. Diagram blok kontroler integral

Pengaruh pada sistem yang menggunakan jenis kontrol integral adalah sebagai berikut :

1. Menghilangkan error steady state.
2. Dapat menimbulkan ketidakstabilan pada sistem karena menambah orde sistem

Gambar 2.3 blok diagram merupakan aksi kontrol I yang dapat memperbaiki respon *steady-state* namun pemilihan Ki yang tepat dapat menyebabkan ke tidak stabilan system. Pemilihan Ki yang sangat tinggi justru dapat menyebabkan output berisolasi.

2.1.5 Kontrol D (Kontrol Derivative)

Alat kontrol jenis ini digunakan untuk memperbaiki/mempercepat prestasi respons transient sebuah sistem kontrol. Alat ini selalu disertai oleh tipe P, sedangkan tipe I hanya digunakan apabila diperlukan. Nilai keluaran dari kontrol derivatif dapat dirumuskan sebagai berikut :

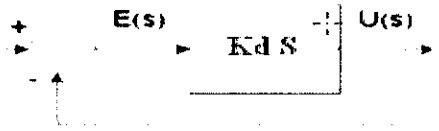
$$U(t)=Kd\ \frac{de(t)}{dt} \qquad (2.6)$$

Dimana Kd adalah konstanta derivatif.

Atau dalam besaran transformasi laplace.

$$\frac{U(s)}{E(s)}=Kd\ s \qquad (2.7)$$

Dengan diagram blok.



Gambar 2.6. Diagram blok kontroler derivative

Diag

Pengaruh pada sistem yang menggunakan jenis kontrol integral adalah sebagai berikut :

1. Memperbaiki respon transien, karena memberikan aksi saat ada perubahan *error.*
2. Memberikan efek redaman pada sistem yang berosilasi.

2.1.6 Kombinasi Kontrol P, I, dan D

Kombinasi dari ketiga jenis kontrol ini mempunyai keuntungan dibanding masing-masing kontroler diantaranya :

diranc

serta p

P : memperbaiki respon transien.

I : menghilangkan error steady state.

2.2 P

D : memberikan efek redaman.

P

Persamaan dengan ketiga kombinasi ini diberikan oleh.

dengar

memut

$$U(t) = Kp\, e(t) + \frac{Kp}{Ti}\int_0^t e(t)\,dt + Kp\,Td\,\frac{de(t)}{dt} \qquad (2.6)$$

1. *Trir*

mer

Dimana Kp adalah konstanta proposional, Ti waktu integral, Td waktu turunan. Atau dalam besaran transformasi laplace.

2. *Pot*

porc

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp\left(1 + \frac{1}{Tis} + Td\,s\right) \qquad (2.7)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp + \frac{Ki}{s} + Kd\,s \qquad (2.8)$$

2.3 ADC *(Analog to Digital Converter)*

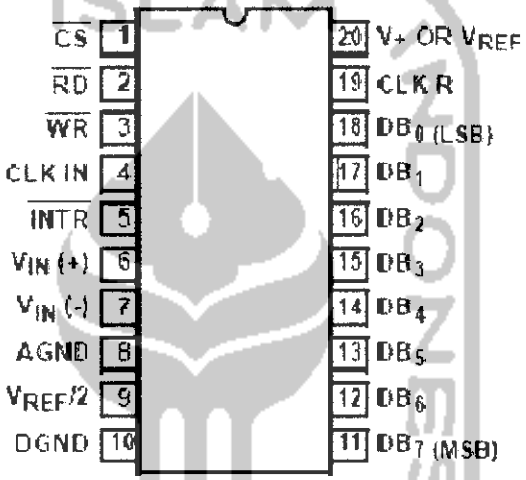
ADC *(Analog to Digital Converter)* adalah suatu piranti elektronik yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog ke dalam sinyal digital. Contoh besaran analog misalnya tegangan, suhu, tekanan, dan sebagainya. ADC ini digunakan untuk mengkonversi besaran analog atau tegangan menjadi bit biner agar dapat diakuisisi oleh komputer (PC). Masukan digital ini nanti akan diterjemahkan ke dalam fungsi logika.

Dalam perancangan ini yang akan diukur adalah suatu level ketinggian air dengan menggunakan potensiometer 5KΩ sepuluh kali putar atau lebih dikenal dengan nama *potentio multitune*. Potensiometer ini menghasilkan tegangan analog yang tidak dapat dibaca langsung oleh PC. Namun dengan kondisi semacam ini bukan berarti PC sama sekali tidak bisa mengukur tegangan analog. Ada metode khusus yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah ini, yaitu ADC. Besaran analog yang dihasilkan oleh potensiometer ini akan diubah kedalam besaran digital yang mampu digunakan untuk fungsi logika dan pemrograman.

2.3.1 ADC 0804

ADC 0804 terdiri dari jaringan rangkaian 256R. Salah satu tipe ADC jenis pendekatan beruntun yang sudah dikemas dan terintegrasi dalam satu chip IC. Dalam hal ini kecepatan konversi IC mendekati peringkat kedua setelah ADC tipe flash conversion yang harganya sangat mahal. Secara garis besar ADC ini terdiri dari tiga

bagian yaitu register pendekatan beruntun atau *Successive Approximation Register* (SAR), *Digital to Analog Converter* (DAC), dan komparator. SAR terdiri dari tiga sub bagian yaitu trial register, output register, dan control unit.



Gambar 2.8 Konfigurasi pin-pin ADC 0804

Penjelasan pin-pin ADC 0804 seperti pada gambar 2.6 :

a. Pin CS (Chip Select) : merupakan pinuntuk mengaktifkan ADC. Jika pin ini aktif (diberi logika rendah) maka ADC siap bekerja baik untuk operasi baca (WR aktif) maupun operasi aktif (RD aktif).

b. Pin RD : Digunakan untuk operasi baca. Pin ini bersifat aktif rendah (akan aktif jika diberi logika aktif rendah). Jika pin ini aktif dan disertai aktifnya pin CS maka ADC telah siap dibaca.

c. Pin WR : Digunakan untuk operasi tulis dan bersifat aktif rendah. Jika pin ini aktif disertai aktifnya pin CS maka ADC siap untuk membaca tegangan input.

d. Pin INTR : (sebagai penyedia fasilitas interupsi). Pin ini memungkinkan adanya interupsi ke mikroprosesor jika buffer output ADC telah terisi data. Hal ini sebagai pemberitahuan ke prosesor bahwa ADC telah siap dibaca datanya.

e. Vin + : pin ini sebagai setelan masukan analog maksimum yang diinginkan.

f. Vin - : Pin ini sebagai setelan masukan analog minimum yang diinginkan.

g. Pin CLK IN (masukan sinyal clock) : merupakan tempat dimana dapat diberikan clock masukan. Bersama dengan CLK R dapat diguanakan sebagai clock pembangkit internal ADC.

h. GND analog : Merupakan referensi ground bagi ladder-ladder logika analog.

i. Vref / 2 : Pin ini diset sebagai nilai tengah dari VCC yang diinginkan.

j. GND digital : Merupakan referensi ground dari generator clock yang nantinya akan mengendalikan shift register.

k. Pin output data digital (pin no 11 - 18) : Pin-pin ini adalah 8 saluran output digital yang akan diberikan ke mikroprosesor.

l. Pin CLK R : merupakan penyusun perangkat pembangkit clock internal bersama dengan CLK IN.

m. Vcc / Vref (pin 20) : merupakan tempat catu daya.

FAK. TEKNOLOGI INDUSTRI
PERPUSTAKAAN
UII
YOGYAKARTA

Clock ADC dipakai clock internal (karena tersedia dalam ADC ini), yaitu dengan memberikan untai R-C pada masukan CLK In dan CLK R. Dengan ketentuan nilai R tidak boleh terlalu besar karena akan mengganggu operasi konversi

2.4 DAC (*Digital to Analog Converter)*

ADC (*Digital to Analog Converter)* secara umum merupakan suatu penerjemah informasi berbentuk digital ke dalam informasi berbentuk ekuivalennya. Sebagai contoh sebuah data komputer digital diubah ke dalam bentuk analog untuk menggerakan motor DC pada printer. Peralatan pengubah sinyal digital ke sinyal analog disebut juga pendekode atau decoder. DAC yang digunakan disini yaitu DAC menggunakan jaringan tangga resistor R-2R.

2.4.1 DAC 0808

IC DAC 0808 adalah jenis D/A Convertion yang mempunyai 8 bit masukan dan dibangun dengan metode konfersi rangkaian R-2R ladder. Masukan dari data biner IC ini sesuai dengan gerbang (gate) TTL, sehingga keluaran dari port standart melalui PIO, IC DAC 0808 ini mempunyai konfigurasi pena dan blok diagram seperti pada Gambar 2.7 dan 2.8 sebagai berikut :

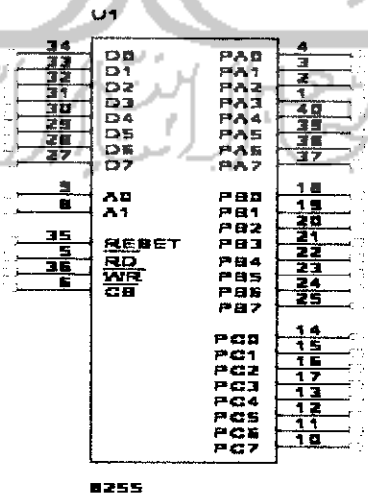
tegangan keluaran ditentukan oleh Vref (+) dan Vref (-), dengan persamaan outputnya adalah :

$$Vout = Vref\ x\ (A1/2 + A2/4 + A3/8 + ...+A8/256) \qquad (2.9)$$

Kisaran mengenai keluaran DAC 0808 dapat diatur sesuai dengan catu daya tegangan referensi yang telah diberikan. Pedoman keluaran minimum juga dapat kita atur atau diset dengan membandingkan tegangan pada referensi.

Ditinjau dari segi fungsi DAC itu sendiri merupakan komponen yang sekedar merubah data biner menjadi tegangan analog, namun jika dilihat dari teknologi pemrograman DAC dapat berkembang menjadi sebuah peralatan yang canggih dimana dalam penasangannya tidak terlepas dari ADC (Analog Digital Converter) sebagai peralatan masukan.

2.5 PPI (Programable Peripheral Interface) 8255



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin PPI 8255

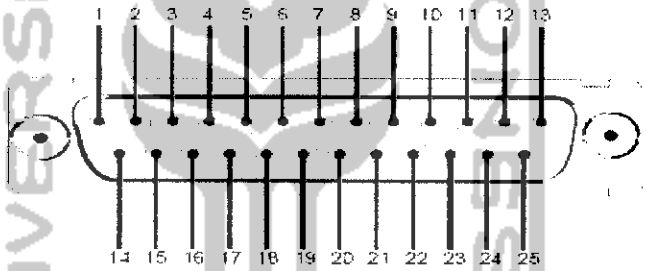
PPI 8255 (Programmable Peripheral Interface 8255) merupakan komponen interface yang dapat digunakan untuk keperluan input dan output. IC ini mempunyai 24 bit I/O yang dikelompokkan menjadi 3 buah port yang masing-masing mempunyai 8 bit dengan nama masing-masing PORT A, PORT B dan PORT C. D0 sampai dengan D7 merupakan jalur data yang digunakan untuk mentransfer data, memprogram 8255 dan membaca status 8255. Proses baca atau menulis pada PPI 8255 dikendalikan melalui pin WR (Write) dan RD (Read). Mode input atau output PPI8255 diatur dengan mengisi data pada Register Control Word PPI 8255. Alamat PORT A, PORT B, PORT C dan Control Word dibedakan berdasarkan logika di alamat A0 dan A1. Perintah untuk membaca atau menulis ke port dilakukan dengan memberikan logika 0 atau 1 pada pin WR dan RD. PPI 8255 dapat difungsikan atau tidak dengan cara memberi logika 0 atau 1 pada pin CS (Chip Select).

Tabel 2.2 Dasar operasi PPI 8255

A1	A0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{CS}$	Operasi Input (READ)
0	0	0	1	0	Port A → Bus Data
0	1	0	1	0	Port B → Bus Data
1	0	0	1	0	Port C → Bus Data
					Operasi Output (WRITE)
0	0	1	0	0	Bus Data → Port A
0	1	1	0	0	Bus Data → Port B
1	0	1	0	0	Bus Data → Port C
1	1	1	0	0	Bus Data → Control Word
					Disable Function
X	X	X	X	1	Bus Data → 3-state
1	1	0	1	0	Illegal Condition
X	X	1	1	0	Bus Data → 3-state

2.6 Port Paralel

Port paralel banyak digunakan dalm berbagai macam aplikasi antarmuka. Port ini mengizinkan untuk menggunakan 8 bit masukan atau 12 bit keluaran pada saat bersamaan, dengan hanya membutuhkan rangkaian eksternal sederhana untuk melakukan suatu tugas tertentu. Port ini terdiri dari 4 jalur kontrol, 5 jalur status, dan 8 jalur data. Biasanya dapat dijumpai sebagai port *printer*, dalam bentuk konektor DB-25 betina (*female*).



Gambar 2.12 Nomor Pin Port Paralel

Seiring dengan perkembangan desain komputer, beberapa perusahaan memperkenalkan port printer dengan versi yang lebih baik dengan faktor kecepatan dan jumlah informasi yang dipindahkan sebagai landasan, berikut jenis-jenis port yang tersedia :

a) Original (SPP)

   SPP (S*tandart Parallel Port*) menggunakan mode *Nibble* yang mentransfer 4 bit setiap saatnya.

b) Tipe PS/2 (dua arah sederhana)

PS/2 adalah port data dua arah yang tidak mendukug mode EPP dan ECP. Port dua arah membolehkan peripheral mentrasfer 8 bit setiap saat ke komputer.

c) EPP

EPP (*Enhanced Parallel Port*) bersifat dua arah dan dapat memutar arah transfer secara langsung sehingga sangat efisien ketika digunakan piranti yang mentransfer data dalam dua arah.

d) ECP

ECP (*Extended Capabilities Port*) bersifat dua arah dan dapat mentransfer data pada kecepatan bus ISA. ECP mempunyai *buffer* dan mendukung transfer data secara DMA (*Direct Memory Access*) serta kompresi data.

e) BiDir

BiDir (*Bi Directional*) bersifat dua arah dan dapat mengubah sifat tersebut dengan cara mengubah bit pin kontrol (umumnya bit-5)

Tabel 2.2 Tabel fungsi Pin pada Port Paralel

DB 25	Centronics	SPP Signal	Arah In/Out	Simbol	Port
1	1	Strobe	In/Out	-PC0	Kontrol
2	2	Data 0	Out	+D0	Data
3	3	Data 1	Out	+D1	Data
4	4	Data 2	Out	+D2	Data
5	5	Data 3	Out	+D3	Data
6	6	Data 4	Out	+D4	Data
7	7	Data 5	Out	+D5	Data
8	8	Data 6	Out	+D6	Data
9	9	Data 7	Out	+D7	Data
10	10	ACK	In	+PS6	Status
11	11	Busy	In	-PS7	Status
12	12	Paper-Out/Paper-End	In	+PS5	Status
13	13	Select	In	+PS4	Status
14	14	Autofeed	In/Out	-PC1	Kontrol
15	32	Error	In	+PS3	Status
16	31	Initialize	In/Out	+PC2	Kontrol
17	36	Select-In	In/Out	-PC3	Kontrol
18-25	19-30	Ground	-	GND	-

Tanda + di depan simbol sinyal menunjukkan sinyal tersebut aktif tinggi, sedangkan tanda - (minus) menunjukkan bahwa sinyal aktif rendah.

Tabel 2.3 Alamat pada Port Paralel

Alamat	Keterangan
3BC – 3BF	Digunakan untuk port paralel yang terpadu dengan kartu-kartu video, tidak mendukung alamat ECP
378 – 37F	Biasa digunakan untuk LPT 1
278 – 27F	Biasa digunakan untuk LPT 2

Port kontrol 5 bit digunakan untuk mengatur arah pada mode *biderectional*, dengan keterangan sebagai berikut :

1. Bit 5 diisi bernilai 0 untuk operasi penulisan data (keluaran ini merupakan nilai *default* saat komputer dinyalakan)
2. Bit 5 bernilai 1 untuk operasi pembacaan data (ke dalam)

Alamat register ditentukan berdasarkan alamat dasarnya, sebagai contoh jika port printer yang digunakan adalah LPT1 yang alamat dasarnya adalah $378, maka data port, port status, dan port kontrol berturut-turut adalah $378+0 = $378, $378+1 = $379, $378+2 = $37A, seperti pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Register Port Printer

Nama register	Alamat
Register data	Dasar + 0
Register status	Dasar + 1
Register kontrol	Dasar + 2

2.7 Rencana Penelitian

Rencana penelitian dari perancangan "Pengendalian Level Ketinggian Air Menggunakan Kontrol PID" adalah dengan merancang perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Keduanya digabungkan untuk mendapatkan tujuan dari sistem perancangan ini.

Perancangan perangkat keras dari alat ini meliputi rangkaian catu daya untuk memberi catuan pada keseluruhan rangkaian, yaitu dengan menggunakan transformator CT step down, dioda sebagai penyearah, *ELCO* (kondensator elektronik) sebagai filter dan IC regulator 7805, 7812 untuk output tegangan plus (+), serta IC 7915 untuk menghasilkan output tegangan minus (-) pada regulator. Rangkaian Op-amp sebagai penguat non inverting yang terdiri dari IC Op-Amp LM 351 dan beberapa resistor. Rangkaian ADC dengan menggunakan IC ADC0804, resistor dan kapasitor. Dimana kapasitor ini dirangkai sebagai mode *free running* yang akan mengkonversi tegangan analog menjadi data digital secara terus menerus. Rangkaian DAC 0808 yang merupakan DAC 8 bit digunakan untuk mengubah data digital menjadi tegangan analog yang digunakan untuk mengendalikan dan mengatur *solenoid valve*.

Perancangan perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman Pascal dengan Software Delphi 7 sebagai pemrogramannya. Perancangan program berupa inisialisasi program, pendeklarasian variabel, perancangan *procedure*, perancangan visualisasi, serta pembacaan data dari port paralel.

Parameter yang akan diukur adalah perubahan *setting point*, perubahan perameter Kp, Ki,dan Kd serta penggunaan kontrol PI pada sistem.