BAB III

DESAIN DAN REALISASI

3.1. Deskripsi Umum Alat

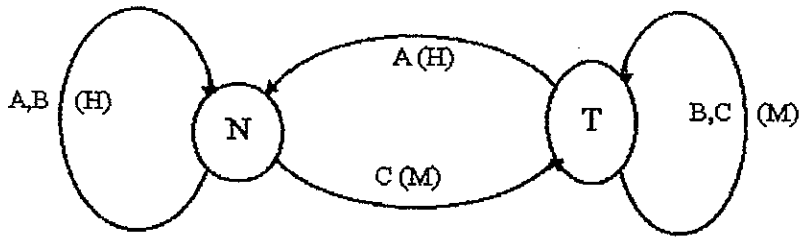
Prototipe ini memiliki karakteristik sebagai kontrol proporsional pada sinyal masukan dan berlaku sebagai kontrol dua keadaan pada sinyal keluaran. Sinyal masukan berupa ketinggian permukaan cairan yang diubah secara proporsional ke bentuk sinyal listrik oleh *sensor* (pengindera). Sinyal keluaran berupa dua kondisi *on* atau *off*, baik pada batas atas maupun batas bawah.

Prototipe pengatur ketinggian permukaan cairan ini akan bekerja apabila batas atas dan batas bawah memberikan isyarat. Pada saat ketinggian permukaan cairan mencapai batas tertinggi atau terendah, maka *flip-flop* dalam rangkaian akan mengingat isyarat yang diberikan batas bawah sampai batas atas memberikan isyaratnya, demikian juga sebaliknya. Prinsip ini merupakan aplikasi dari penggunaan mesin status terhingga jenis Mealy, yang ditunjukan dalam Gambar 3-1. Himpunan lambang-lambang statusnya adalah {N, T}, himpunan lambang-lambang masukannya adalah kondisi {00, 01, 11}, dan himpunan lambang-lambang keluarannya adalah {H, M}, seperti ditunjukan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Tabel fungsi transisi model kontrol ketinggian permukaan cairan.

Status	Masukan		
	A (00)	B (01)	C (11)
N (Cairan Naik)	N,H	N,H	T,M
T (cairan Turun)	N,H	T,M	T,M

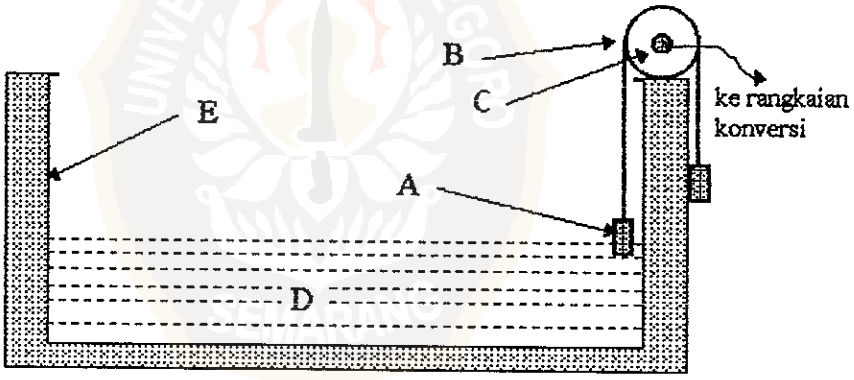
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3-1. Diagram keadaan model kontrol ketinggian permukaan cairan

3.2. Bagan Prototipe Kontrol Ketinggian Permukaan Cairan

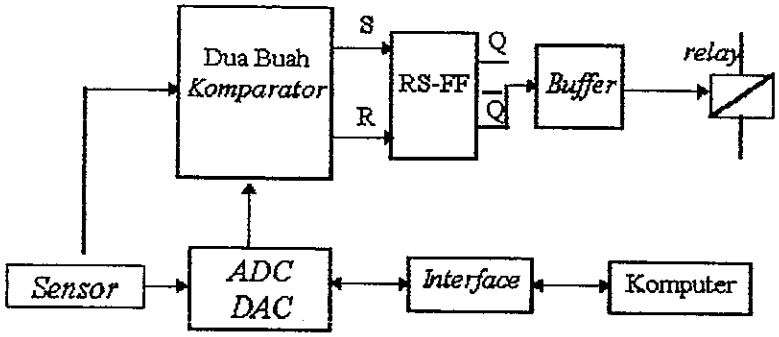
Prototipe pengatur ketinggian permukaan cairan ini memiliki bagian-bagian yang terpenting yaitu pelampung beserta katrol, *ADC*, *DAC* beserta pengendali tegangan, catu daya, rangkaian *interface* (antarmuka), rangkaian penentu ketinggian permukaan cairan, dan program pengendalinya. Gambar 3-2 menunjukan penempatan prototipe dan Gambar 3-3 menunjukan bagan untuk rangkaian alat secara lengkap.



Gambar 3.2. Penempatan prototipe dalam tangki air

Keterangan gambar:
A = Bagian Prototipe berupa pelampung.
B = Katrol yang berfungsi sebagai pemutar potensiometer.
C = Potensiometer sebagai penentu hubungan ketinggian permukaan cairan dengan perubahan hambatan/tegangan.
D = Cairan sebagai media/objek.
E = Tangki cairan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3-3. Bagan diagram rangakaian prototipe pengatur ketinggian air

Cara kerja diagram blok sebagai berikut:

Pengindera berupa pelampung yang dihubungkan dengan katrol, dimana katrol akan menggerakkan potensiometer yang dihubungkan dengan tegangan, sehingga akan memberikan perubahan ketinggian secara proporsional sesuai dengan perubahan tegangan. Tegangan yang dihasilkan pengindera akan dikirim ke *ADC* dan kedua buah *comparator* (pembanding). Dua buah pembanding sebagai penentu batas atas dan batas bawah. Pembanding akan bekerja apabila tegangan yang masuk sama atau lebih besar dari pada tegangan referensinya. Keluaran dari dua buah pembading akan dikirim ke *flip-flop*. Pembanding batas bawah dihubungkan dengan *reset* dari *flip-flop* dan pembanding batas atas dihubungkan dengan set *flip-flop*. *Flip-flop* berfungsi sebagai pemroses atau pengingat *input* (masukan) atau status. Keluaran *flip-flop* akan digunakan untuk menjalankan *relay*, agar *flip-flop* tidak terbebani *relay* dibutuhkan *buffer* yang berfungsi sebagai penyangga. *Relay* berfungsi sebagai pengaktif (mematikan dan menghidupkan) pompa. Tegangan keluaran dari pengindera yang dikirim ke *ADC* akan dijadikan *bit* dan akan dikirim ke komputer untuk diolah melalui

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

antarmuka. Dan komputer memberikan masukan ketinggian melalui *keyboard* dan oleh komputer dikonversi menjadi *bit*. Untuk dapat memberikan tegangan referensi pada pembanding dibutuhkan tegangan dari masukan komputer, dan keluaran dari komputer berupa *bit*, dan untuk merubah *bit* ke tegangan analog dibutuhkan *DAC*. *DAC* berfungsi sebagai pengubah sinyal atau *bit* maupun analog. Keluaran dari *ADC* dihubungkan dengan antarmuka untuk bisa bekerja dengan komputer. Antarmuka berfungsi sebagai penyesuai keadaan alat dengan komputer. Komputer berfungsi sebagai alat *komputasi* dan penampil hasil akhir.

Cara kerja sistem ini secara garis besarnya sebagai berikut:

Komputer sebagai pusat pengendali memberikan dua buah tegangan *DC* yang berbeda sebagai tegangan acuan pada pembanding-pembanding, kedua pembanding akan menentukan tinggi maksimum dari permukaan cairan dan minimum cairan yang tersisa.

Apabila cairan berada dalam kondisi di bawah batas minimum, pompa akan menyala secara otomatis dan apabila cairan telah mencapai batas maksimum, maka pompa secara otomatis berhenti, dan pompa akan menyala kembali jika cairan telah mencapai batas minimum kembali. Tinggi permukaan cairan akan terdeteksi secara terus menerus oleh program dan tampil di layar monitor.

3.3. Bagian-bagian Prototipe

Prototipe ini memiliki bagian-bagian antara lain pengindera, pembanding, *ADC*, *DAC*, *flip-flop*, *buffer*, pengendali tegangan, antarmuka, dan catu daya.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

3.3.1. Pengindera

Pengindera berfungsi untuk mendeteksi ketinggian permukaan cairan dalam tangki. Dalam alat ini dibutuhkan sebuah pengindera saja. Dalam rangkaian pengatur ketinggian permukaan cairan ini pengindera digunakan untuk mengubah besaran fisis, yaitu tinggi permukaan cairan menjadi besaran listrik, yaitu hambatan. Hambatan ini harus berbanding lurus dengan tinggi permukaan cairan.

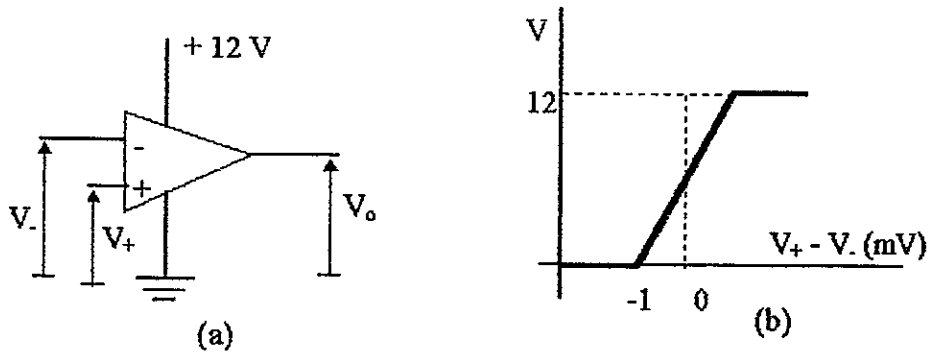
Di sini penulis menggunakan pelampung sebagai penginderanya, pelampung dihubungkan dengan katrol, dan katrol akan memutar potensiometer. Dari potensiometer didapatkan perubahan hambatan yang berbanding lurus dengan ketinggian permukaan cairan. Semakin besar hambatan yang ditimbulkan oleh potensiometer akan semakin besar tegangan yang dihasilkan jika potensiometer dihubungkan dengan sumber tegangan, dan itu akan menunjukan bahwa semakin tinggi permukaan cairan akan semakin besar tegangan yang dihasilkan.

3.3.2. Pembanding

Untuk keperluan tertentu dapat menggunakan op-amp dalam keadaan lingkar terbuka atau dengan balikan positif. Pada keadaan ini op-amp pada umumnya tidak berfungsi sebagai penguat, oleh karena keluaran tidak berbanding lurus dengan masukan. Dalam hal ini dikatakan op-amp digunakan secara tidak linier.

Salah satu penggunaan tak linier op-amp adalah sebagai pembanding atau pembanding tegangan. Keluaran pembanding hanya dapat mempunyai dua nilai, misal 0V dan 12V saja. Pembanding mempunyai dua masukan, yaitu masukan membalik (-) dan tak membalik (+), seperti pada Gambar 3-4 (Sutrisno, 1987).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3-4. (a) Skema pembanding; (b) Fungsi alih pembanding (Sutrisno,1987)

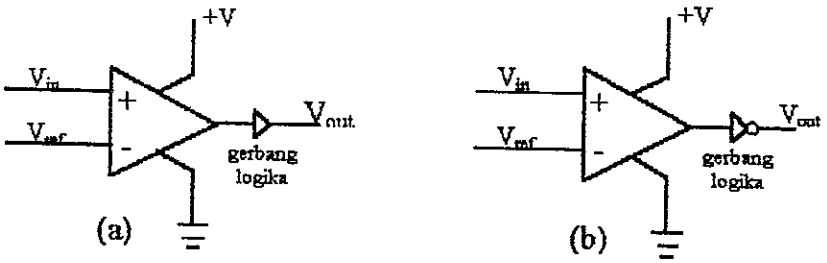
Apabila tegangan masukan yang *non-inverting* (tak membalik) lebih besar daripada yang *inverting* (membalik), maka pembanding menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi. Apabila tegangan masukan yang tak membalik lebih rendah daripada yang membalik, tegangan keluarannya rendah (Malvino, 1994).

Titik lompatan (*trip-point*, juga disebut ambang atau acuan) dari sebuah pembanding adalah nilai tegangan masukan, yang menyebabkan keluarannya berganti keadaan.

Sebuah tegangan acuan diterapkan pada masukan membalik, bila V_{in} kuang dari V_{ref} tegangan kesalahannya negatif dan rendah. Apabila V_{IN} lebih besar dari V_{ref}, tegangan kesalahannya positif dan tinggi.

Tegangan *output* (keluaran) dari pembanding belum merupakan tegangan digital, oleh karena itu keluaran dari pembanding diberi gerbang logika. Bagian pembanding merupakan bagian yang berfungsi sebagai penentu batas atas dan batas bawah dari ketinggian permukaan cairan, seperti ditunjukan dalam Gambar 3-5.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3-5. Rangkaian Pembanding. (a) Batas bawah, (b) Batas atas.

3.3.3. *Flip-flop R-S*

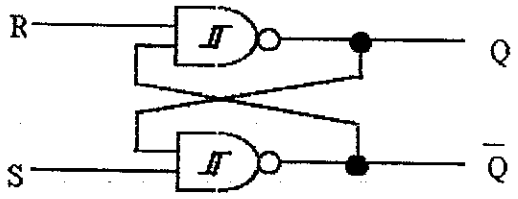
Flip-flop merupakan piranti yang memiliki dua keadaan stabil. Piranti ini akan tetap bertahan pada salah satu dari dua keadaaan, sampai adanya pemicu yang membuatnya berganti keadaan Dari Gambar 3-6. bila Reset rendah dan Set tinggi, Q (keluaran) akan diset menjadi tinggi dan sebaliknya; bila R tinggi dan S rendah, Q akan diset menjadi rendah. Dalam *flip-flop* terdapat keadaan larangan yang dinamakan keadaan pacu, yaitu keadaan dimana masukan R dan S rendah keduanya (R = 0 dan S = 0), ini dinamakan keadaan pacu atau keadaan lomba (*race condition*). Keadaan ini tidak pernah dipakai karena dapat menimbulkan operasi yang tidak dapat diramalkan. Dengan ini, keadaan masukan yang harus dihindari adalah masukan yang sama-sama rendah pada waktu bersamaan (keadaan pacu), sehingga didapatkan seperti dalam Tabel 3-2, dengan pengaturan waktu seperti pada Gambar 3-7 (Malvino, 1996).

Flip-flop yang digunakan adalah *flip-flop* yang paling sederhana yaitu *flip-flop R-S*. *Flip-flop* ini dibuat dari gerbang *NAND* yang berpicu Schmitt pada kedua gerbang masukan *NAND*, digunakan IC 4093B (Prochnow dan Branning, 1988).

Rangkaian regeneratif berupa pemicu Schmitt (*Schmitt-trigger*). Rangkaian ini mampu menanggapi bentuk gelombang masukan yang berubah lambat dengan waktu

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

transisi yang cepat pada keluaran. Keistimewaan lain dari rangkaian ini ialah karakteristik alih tegangannya mempunyai ambang masukan yang berbeda bagi sinyal tegangan yang menjadi positif atau menjadi negatif (Hoges dan Jackson, 1987).

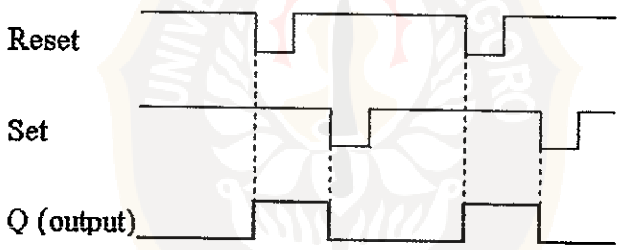


Gambar 3-6. *Flip-flop R-S* (Malvino, 1996)

Tabel 3.2. Tabel Kebenaran *Flip-flop R-S*

R	S	Q	$\overline{Q}$
0	0	*	*
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	m	m

Keterangan : * : keadaan pacu (larangan), m : tidak berubah



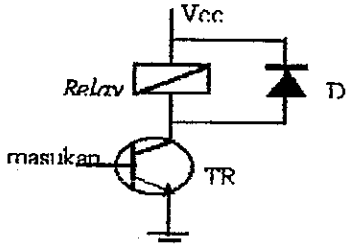
Gambar 3-7. Diagram pengaturan waktu (Malvino, 1996)

3.3.4. *Buffer*

Buffer dalam rangkaian pengatur ketinggian permukaan cairan berfungsi agar keluaran *flip-flop* tidak terbeban lebih oleh *relay*. Pada saat Q keadaan tinggi maka arus akan mengalir ke *basis* transistor, sehingga transistor bekerja dan *relay* akan menggerakan pompa. Bila Q dalam keadaan rendah transistor akan *off* dan *relay* tidak aktif, sehingga pompa mati. *Buffer* dalam Gambar 3-8 menggunakan transistor *NPN*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dengan seri BD 139. Dioda dalam rangkaian ini berfungsi mengalirkan arus induksi *relay* pada saat transistor *off*.

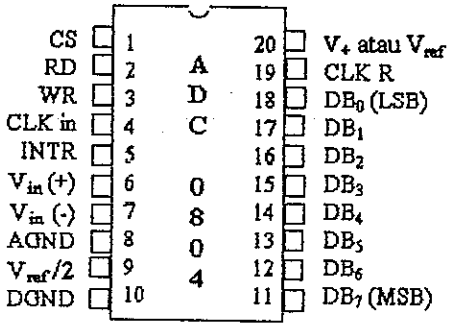


Gambar 3-8. *Buffer* beserta *relay* (Wasito, 1984)

3.3.5. *ADC* (Pengubah analog ke digital)

Data yang diperoleh dari suatu sistem fisis masih berupa data analog yang harus diubah menjadi data digital agar data ini bisa dibaca atau diolah dalam komputer.

ADC 0804 merupakan komponen utama dalam rangkaian pengubah tegangan analog ke tegangan digital. *ADC* ini mempunyai 20 *pin* dalam *IC DIP* yang terdapat satu saluran masukan analog, dan delapan keluaran digital. Pengoperasian dengan catu daya 5 V, dan akan dapat menangani secara penuh jarak 0 - 5 V masukan analog di antara pin 6 dan pin 7. IC ini mempunyai *chip* pendetak atau pembangkit di mana hanya memerlukan resistor luar dan kapasitor untuk menentukan frekuensinya, seperti pada Gambar 3-9. *ADC* ini memiliki total kesalahan +/- 1 LSB.



Gambar 3-9. Susunan *ADC* 0804 (Tokheim, 1994).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

3.3.6. *DAC* (Pengubah digital ke analog)

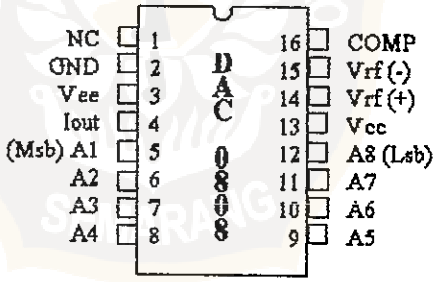
Untuk sebuah rangkaian analog yang membutuhkan pengendalian dengan komputer, sinyal atau data yang keluar dari komputer harus diubah ke dalam sinyal analog. Sinyal digital diubah menjadi sinyal analog dengan menggunakan pengubah tegangan digital ke tegangan analog (*DAC*).

Komponen utama *DAC* ini adalah *DAC0808*, seperti pada Gambar 3-10, yang mempunyai 8 masukan digital dan 1 keluaran analog, komponen ini bekerja pada arus masukan (I_{reff}) sebesar 2 mA. Keluaran dari *DAC* ini merupakan sumber arus, besarnya arus keluaran adalah

$$I_o = I_{reff}\left(\frac{A_1}{2}+\frac{A_2}{4}+\ldots+\frac{A_8}{256}\right)$$

dengan :

I_{reff} = arus yang mengalir pada komponen *DAC*
$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$ = data masukan 8 *bit* pada komponen *DAC*



Gambar 3-10. Susunan pena *DAC* 0808 (Malvino, 1996).

3.3.7. Rangkaian pengendali tegangan

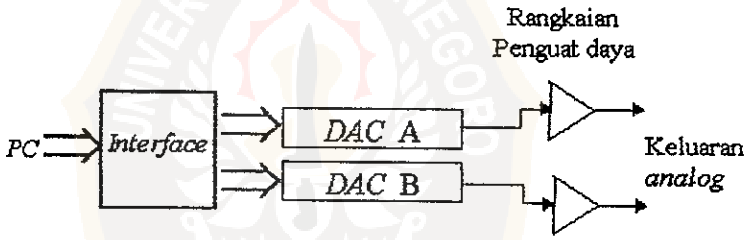
Untuk dapat memberikan variasi batas atas dan batas bawah dari ketinggian permukaan cairan dalam tangki, diperlukan variasi tegangan. Variasi tegangan akan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dihubungkan pada kedua pembanding dengan tegangan yang berbeda, sehingga masing-masing pembanding akan menentukan keluaran tinggi atau rendah.

Rangkaian pengendali tegangan merupakan sebuah penguat tegangan dari keluaran *DAC*, dimana tegangan yang dikeluarkan ini dihubungkan ke pembanding sebagai tegangan *referensi*. Tegangan yang dikeluarkan oleh pengendali tegangan berbanding lurus dengan ketinggian permukaan cairan.

Gambar 3-11 merupakan diagram blok dari rangkaian pengendali tegangan. Komputer memberikan tegangan acuan ke pengubah digital ke analog (*DAC*), yang mengubah bilangan ini ke nilai tegangan yang bersangkutan. Tegangan dari *DAC* diteruskan ke transistor daya yang dirangkai sebagai rangkaian *emiter* terbumi. Transistor ini yang memberikan daya keluaran yang dibutuhkan.



Gambar 3-11. Diagram blok pengendali tegangan

Di sini membutuhkan dua buah rangkaian pengendali tegangan karena untuk memberikan masukan dua pembanding dan pembanding itu untuk menentukan batas atas maupun batas bawah dari ketinggian permukaan cairan.

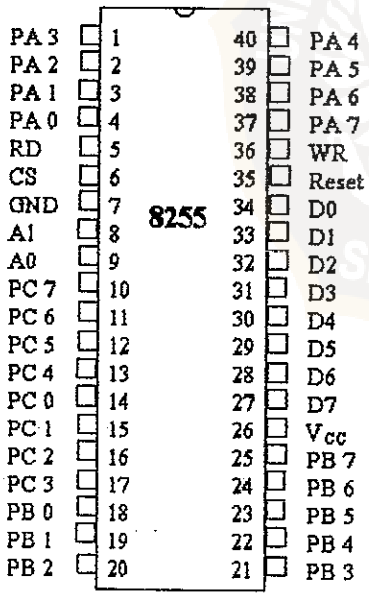
3.3.8. Antarmuka

Antarmuka digunakan untuk menghubungkan tegangan keluaran dari pengindera dan pengendalian tegangan untuk kedua pembanding dengan komputer sangatlah

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dibutuhkan karena untuk menyesuaikan piranti *periferal* dengan komputer. Karena tegangan, arus dan daya piranti *periferal* kebanyakan tidak sesuai dengan yang ada dalam komputer dan terutama karena kecepatan pengolahannya sangat berbeda dengan komputer, maka besaran-besaran ini harus disesuaikan dengan bantuan antarmuka (Link, 1993).

Antarmuka yang digunakan disini menggunakan komponen antarmuka yang agak komplek untuk memberikan data secara paralel, yaitu komponen 8255 dari Intel yang ditunjukana dalam Gambar 3-12. 8255 mempunyai tiga *port* (A,B, dan C) dan masing-masing dengan 8 penghubung, sehingga pada setiap proses *transmisi* dapat disalurkan masing-masing 1 *byte*. Ketiga *port* tersebut diberi label PA, PB, dan PC. Juga pada label penghubung digunakan singkatan-singkatan dalam literatur bahasa Inggris, dan penghubung pada sistem *bus* dan *port I/O* diberi label menurut letak *biner*.



Label Penghubung

D0 - D7	Bus data (dua arah)
RESET	Masukan reset
CS	Pemilih chip
RD	Masukan baca
WR	Masukan tulis
A0, A1	Alamat port
PA 0 - PA 7	Port A (bit 0 - 7)
PB 0 - PB 7	Port B (bit 0 - 7)
PC 0 - PC 7	Port C (bit 0 - 7)
V_{cc}	Tegangan catu (+ 5V)
GND	Ground (0 V)

Gambar 3-12. Penempatan dan label penghubung komponen 8255. (Link, 1993)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Jadi penghubung untuk satuan terendah diberi indeks 0 dan untuk penghubung paling tinggi mempunyai indeks 7. Setiap *port* 8255 dapat bekerja sebagai *port* keluaran maupun masukan.

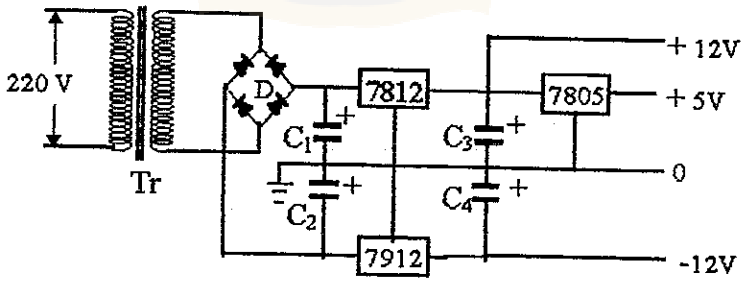
3.3.9. Catu daya

Untuk dapat bekerjanya suatu rangkaian dibutuhkan suatu sumber daya dan dalam hal ini adalah tegangan atau energi listrik arus searah.

Dalam rangkaian catu daya ini, ada beberapa macam kebutuhan catu daya yang berlainan, antara lain :

1. Catu daya *DC* ± 5 volt yang digunakan untuk mengoperasikan rangkaian pengubah *analog* ke *digital (ADC)* dan rangkaian pengubah *digital* ke *analog (DAC)*.
2. Catu daya *DC* ± 12 volt yang digunakan untuk mengoperasikan *relay*, rangkaian pengendali tegangan, dan rangkaian pengatur ketinggian permukaan cairan.

Gambar 3-13 di bawah ini merupakan rangkaian catu daya yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3-13. Rangkaian catu daya

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)