

# PERLAKSANAAN PENGAWAL PID MENGGUNAKAN PIC

MUHAMMAD SABRI RAZALI

Laporan Ini Diserahkan Sebahagian Dari Memenuhi Syarat Penganugerahan Ijazah  
Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik ( Kuasa Industri )

Fakulti Kejuruteraan Elektrik  
Kolej Universiti Teknikal Kebagsaan Malaysia

November 2005

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya.”

Tandatangan : ..........

Nama : Muhammad Sabri Bin Razali

Tarikh : ...21/11/2005.....

Untuk ayah dan ibu serta ahli keluarga tersayang

## PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah kepada Allah kerana saya telah dapat melengkapkan projek PSM dan menyiapkan laporan akhir ini sebelum tarikh akhir.

Pertamanya terima kasih kepada ibubapa saya Razali Bin Hj. Yusuf, dan Zainah Bte Hj. Hashim dan adik-beradik saya yang membantu dalam menjalankan projek ini.

Terima kasih tak terhingga juga kepada penyelia saya iaitu En. Syed Najib Bin Syed Salim yang mana banyak membantu serta memberi tunjuk ajar selama menjalankan projek ini. Begitu juga dengan rakan-rakan yang banyak membantu dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi semasa melakukan projek ini.

Sekian terima kasih.

## ABSTRAK

Laporan ini menerangkan tentang pelaksanaan pengawal PID menggunakan pengawal mikro PIC. Aturcara pengawal PID ini akan ditulis ke dalam pengawal mikro PIC supaya ia dapat melaksanakan operasi PID tersebut. Tujuan projek ini adalah untuk mereka pengawal PID yang menggunakan pengawal mikro PIC. Projek ini melibatkan penggunaan motor sebagai 'plant' yang mana diuji dengan menggunakan pengawal PID untuk meningkatkan prestasi motor arus terus tersebut. Pada peringkat awal, parameter motor arus terus akan diperolehi melalui ujikaji pada motor arus terus tersebut. Setelah parameter diperolehi, simulasi akan dijalankan untuk mengetahui prestasi motor tersebut. Setelah simulasi dibuat dan prestasi diperolehi, pengawal PID akan direka untuk meningkatkan prestasi motor tersebut. Antara perkakasan yang terlibat ialah, pengawalmikro PIC16F877, pemacu motor, litar pembahagi voltan, dan motor arus terus. Perisian yang terlibat ialah Matlab, Mplab, Proteus Pro, dan Ic prog. Laporan akhir ini akan menunjukkan data-data dari simulasi dan ujikaji yang diperolehi semasa ujikaji dan juga keputusan ujikaji yang telah dijalankan serta cadangan untuk projek masa hadapan.

## ABSTRACT

These reports describe the implementation of PID controller by using PIC. PID controlled program will be burn into PIC to perform the specific function. The objective of this project is to design PID controller that used PIC microcontroller. Motor is use in this project as a plant to examine the function of PID controller in improving motor performance. In early stage, an experiment has been done to the motor to get the characteristic of the motor. Then a simulation will be done to simulate the performance of the motor. A PID controller will be designed to improve the motor's performance. Components that are used in this project are PIC 16F877, motor driver, voltage divider, and DC motor. Software's that are involved in developing the PID controller programming are Matlab, Mplab, Proteus Pro, and Ic Prog. This final report will present all the data and result taken from the experiment.

## KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	ix
	SENARAI RAJAH	x
	SENARAI LAMPIRAN	xii
1	Pengenalan	1
	1.1 Objektif	1
	1.2 Skop	2
	1.3 Pernyataan masalah	2
	1.4 Garis Panduan Repot	3
2	Kajian Literatur	4
	2.1 Pengawal PID Menggunakan Kaedah Analog dan Berdigit	4
	2.2 Gambaran Projek	5
	2.3 Pengawal Berkadaran, Kebezaan dan Kamilan	6
	2.4 Pengawal Mikro PIC 16F877	8
	2.5 Modulasi Lebar Denyut ( PWM )	9
	2.6 Pemacu	11
	2.7 Litar Pembahagi Voltan	13
	2.8 Motor Arus Terus	14
	2.9 Teori Kawalan Kelajuan Motor Arus Terus	15
	2.10 Perkakasan Lain	16
	2.11 Perisian	17

2.12	Kesimpulan Kajian Literatur	19
3	METODOLOGI	20
3.1	Ujikaji Motor	22
3.2	Simulasi Motor	23
3.3	Pengiraan Pengawal PID	24
3.4	Simulasi Motor Dengan Pengawal PID	25
3.5	Rekabentuk Litar Pengawal	25
3.6	Pengujian Perkakasan	27
3.7	Rekabentuk Aturcara	31
3.8	Pengujian Akhir	32
4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	33
4.1	Keputusan ujikaji motor	33
4.2	Keputusan Simulasi	36
4.3	Keputusan Pengiraan Pengawal PID	37
4.4	Keputusan Simulasi Motor Dengan Pengawal PID	42
4.5	Keputusan Pengujian Perkakasan	43
4.6	Keputusan Rekabentuk Aturcara	45
4.7	Keputusan Pengujian Akhir	46
5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Cadangan Masa Hadapan	48

RUJUKAN

LAMPIRAN

**SENARAI JADUAL**

NO	TAJUK	HALAMAN
2.1	Reaksi Gelung Tutup	7
2.2	Konfigurasi Bit Masukan	12
3.1	Nilai dan Bilangan Kompenan	26
4.1	Bacaan Ujikaji 1	33
4.2	Bacaan Ujikaji 2	33
4.3	Bacaan Purata Ujikaji	34

## SENARAI RAJAH

NO	TAJUK	HALAMAN
2.1	Blok Projek	6
2.2	Perbandingan Nilai Pengawal	7
2.3	Blok PIC 16F877	8
2.4	Rekabentuk PIC 16F877	9
2.5	Isyarat PWM	10
2.6	Perbandingan Isyarat Menggunakan Kaedah berdigit	10
2.7	Pemacu L293B	11
2.8	Aliran Arus Pemacu	12
2.9	Penyambungan Pemacu	12
2.10	Litar Pembahagi Voltan	13
2.11	Motor Arus Terus	14
2.12	Graf Purata Kelajuan Motor	15
2.13	Bacaan Purata voltan	16
2.14	Perisian Matlab	17
2.15	Perisian Mplab	18
2.16	Perisian Proteus Pro	19
3.1	Blok Metodologi	21
3.2	Penyambungan Pengujian	22
3.3	Blok Motor	23
3.4	Subsistem Motor	24
3.5	Blok Motor Dengan Pengawal	25
3.6	Litar Skematik PIC 16F877	26
3.7	Litar Asas PIC 16F877	27
3.8	Pengujian Pemacu	28

3.9	Tapak Pemacu	28
3.10	Pengujian PIC Bersama Pemacu	29
3.11	Litar Pembahagi Voltan	30
3.12	Penyambungan Litar Lengkap	30
3.13	Carta Alir Pengawal PID	31
4.1	Ujikaji Motor	34
4.2	Sambutan Keluaran Motor Sebelum Diperbaiki	37
4.3	Kutub-sifar Sebelum Terpampas	40
4.4	Kutub-sifar Selepas Terpampas	41
4.5	Sambutan Keluaran Motor Selepas diperbaiki	42
4.6	Skematik Simulasi PWM	44
4.7	Keputusan Simulasi PWM	44

**SENARAI LAMPIRAN**

LAMPIRAN	TAJUK	HALAMAN
LAMPIRAN A	ATURCARA PIC	50
LAMPIRAN B	PIC 16F877	83
LAMPIRAN C	PEMACU L293B	96

## **BAB 1**

### **Pengenalan**

Penggunaan pengawal PID pada masa sekarang sangat meluas kerana ia sangat baik untuk meningkatkan prestasi sesuatu sistem. Terdapat dua sebab mengapa hari ini hampir kesemua industri menggunakan pengawal PID. Sebab utama ialah strukturnya yang ringkas dan terdapat pelarasan algoritma yang telah dibangunkan oleh Ziegler-Nichols. Sebab kedua ialah proses pengawalan didalam industri hampir kesemuanya dikawal dengan menggunakan pengawal PID[1].

Terdapat pelbagai cara untuk menggunakan pengawal ini samada secara analog atau berdigit. Dengan menggunakan kaedah analog, litar pengawal direka dengan menggunakan op-amp dan juga litar pasif yang melibatkan perintang dan kapasitor. Nilai-nilai komponen tersebut dikira terlebih dahulu untuk menentukan beberapa nilai yang diperlukan. Bagi kaedah berdigit, pengawal PID akan direka melalui aturcara[2].

#### **1.1 Objektif**

Objektif bagi projek adalah untuk memastikan hala tuju projek yang dijalankan. Objektif bagi projek ini ialah:

- i. Mengkaji bagaimana untuk merekabentuk pengawal PID

- ii. Membentuk aturcara, mengkaji dan mempelajari menulis aturcara yang melibatkan pengawal PID kedalam pengawal mikro PIC.
- iii. Menghasilkan satu sistem yang ekonomi.

## 1.2 Skop

Skop bagi projek ini adalah untuk menentukan perkakasan dan perisian yang perlu digunakan. Bagi projek ini skop yang ditentukan ialah:

- i. Mengawal kelajuan motor arus terus yang digunakan sebagai loji.
- ii. Melibatkan penggunaan perisian Matlab, Proteus Pro, Mplab, dan Ic Prog.
- iii. Menggunakan pengawal mikro PIC 16F877, pemacu L293B, dan litar pembahagi voltan.

## 1.3 Pernyataan Masalah

Kebiasaannya untuk mengawal satu sistem secara manual atau analog adalah sukar. Oleh itu pada masa sekarang, teknik berdigit telah banyak digunakan untuk mengawal atau meningkatkan prestasi motor. Selain itu untuk mengubahsuai parameter pada pengawal secara analog adalah sukar jika dibandingkan dengan cara digital. Jika dibuat perbandingan di antara kaedah analog dan kaedah berdigit, pengukuran menggunakan kaedah berdigit adalah lebih tepat daripada kaedah analog.

## 1.4 Garis Panduan Laporan

Bab satu menerangkan pengenalan kepada projek, gambaran secara kasar projek yang dilakukan, objektif dan skop kepada projek ini serta garis panduan kepada laporan ini.

Bab dua menerangkan kajian literatur yang dibuat yang mana merangkumi pengawalan motor secara analog, serta pengawalan motor secara berdigital berdasarkan pengawalmikro PIC dan juga pengawalmikro yang lain. Rajah blok projek akan ditunjukkan di dalam bab ini serta penerangan mengenai pengawal PID dan komponen yang digunakan untuk projek.

Bab tiga menerangkan metodologi bagi projek yang dijalankan. Cara pengukuran, pengiraan dan ujikaji yang dijalankan dibincangkan didalam bab ini. Pembangunan perkakasan juga ditunjukkan didalam bab empat.

Bab empat membentangkan segala keputusan ujikaji, pengiraan, dan pengukuran serta aturcara yang telah dijalankan semasa membuat projek ini.

Bab terakhir pula membincangkan kesimpulan ke atas projek yang telah dijalankan serta cadangan untuk memperbaiki projek ini pada masa akan datang.

## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERATUR**

Kajian literatur bertujuan untuk melihat keputusan atau teori yang telah dibuat oleh beberapa projek mengenai pengawal PID dan pengawalmikro PIC. Terdapat banyak aplikasi pengawal PID di dalam industri samada secara analog atau berdigit. Begitu juga dengan penggunaan komponen-komponen yang digunakan untuk mereka pengawal PID ini.

#### **2.1 Pengawal PID Menggunakan Kaedah Analog dan Berdigit**

Bagi pengawal PID yang menggunakan kaedah analog, ia menggunakan gabungan op-amp dan juga kapasitor untuk dijadikan pengawal PID. Litar perbandingan akan membuat perbandingan ralat yang terdapat pada motor dan kemudian ralat tersebut akan dibetulkan<sup>[3]</sup>.

Teknik berdigit pula boleh menggunakan pelbagai mikro pemproses yang boleh menjalankan proses aturcara seperti 'microcontroller', mikro pemproses P dan sebagainya. Jika menggunakan kaedah berdigit ini, aturcara pengawal PID akan ditulis ke dalam pengawal mikro yang mana ianya bergantung kepada isyarat ralat yang diterima pada masukan pengawal mikro tersebut, menghapuskan ralat serta memperbaiki sambutan fana pada 'plant' yang disambung.

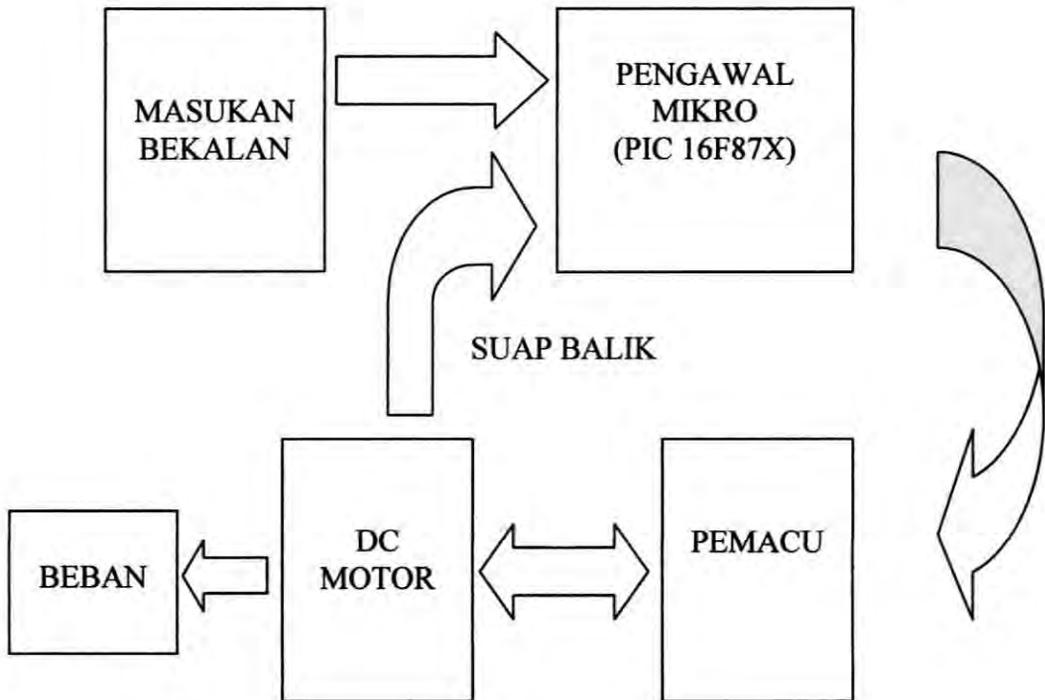
Untuk mikro pengawal PIC pula, terdapat beberapa pilihan terdapat pelbagai jenis PIC yang boleh digunakan. Dan Creagan<sup>[5]</sup> telah membuat pelbagai projek yang menggunakan PIC16C73A sebagai mikropengawal bagi projek beliau. Beliau turut menyatakan untuk mengawal kelajuan motor juga boleh menggunakan PIC dari jenis 16F87X. Beliau juga menggunakan motor arus terus yang mana telah siap dipasang bersama 'encoder'. Bagi pemacu motor, beliau menggunakan SN754410, tetapi boleh juga menggunakan pemacu dari jenis L293B/D.

Randy Gamage<sup>[5]</sup> telah melaksanakan projek yang bertajuk 'Designing a PID Motor Control'. Beliau menggunakan PIC16F876 dan LMD18000 sebagai pemacu bagi motor. Pemacu ini dapat memacu arus sebanyak 3 ampere. Bagi projek ini, beliau menggunakan pengawal PID untuk mengawal kedudukan dan kelajuan motor yang mana beliau menggunakan 'encoder' untuk mendapatkan kelajuan dan kedudukan motor.

Majalah 'Circuit Cellar'<sup>[6]</sup> mengeluarkan artikel yang ditulis oleh JR Kerr dimana beliau memperkenalkan produk baru iaitu PIC servo dimana ia boleh melaksanakan sistem pengawal PID servo. Daripada artikel beliau, pertambahan yang perlu dibuat ialah hanya menambah pemacu bagi motor dari pelbagai jenis.

## 2.2 Gambaran Projek

Ujikaji akan dijalankan pada motor arus terus untuk melihat prestasi motor arus terus tersebut. Setelah kajian dibuat, pemilihan komponen yang sesuai untuk menjalankan projek ini yang terdiri dari perkakasan dan juga perisian. Simulasi juga dijalankan bagi melihat prestasi motor sebelum dan selepas pengawal PID dimasukkan. Rajah 2.1 menunjukkan blok proses yang dilakukan oleh pengawal mikro. Apabila motor bergerak, suap balik pada motor akan dihantar ke pengawal mikro untuk diproses oleh pengawal mikro tersebut. Pengawal mikro akan menjalankan aturcara pengawal PID. Jika terdapat ralat pada kelajuan, pengawal mikro akan menghantar isyarat kepada pemacu untuk menambah kelajuan motor.



Rajah 2.1 : Blok Projek

### 2.3 Pengawal Berkadaran, Kebezaan dan Kamilan (PID)

Pengawal Berkadaran, Kebezaan dan Kamilan (PID) ialah gabungan antara 'Kp' (perolehan berkadaran), 'Ki' (perolehan kebezaan), dan 'Kd' (perolehan kamilan). Kesan daripada penambahan Kp ke dalam satu rangkap pindah akan mempercepatkan masa menaik bagi sambutan fana tetapi tidak memperbaiki ralat keadaan mantap sambutan fana<sup>[4]</sup>. Penambahan Ki dalam satu rangkap pindah pula, akan memperbaiki ralat keadaan mantap menghampiri sifar tetapi akan menyebabkan sambutan fana menjadi lebih berayun. Bagi Kd pula, ia akan menambah kestabilan suatu sistem, mengurangkan 'overshoot', dan memperbaiki sambutan fana. Kesan-kesan daripada pengawal Kp, Ki, dan Kd disenaraikan dalam jadual 2.1. Persamaan 2.1 ini menunjukkan persamaan pengawal PID yang dilihat secara matematik. Manakala persamaan 2.2 pula adalah persamaan pengawal PID secara digital.

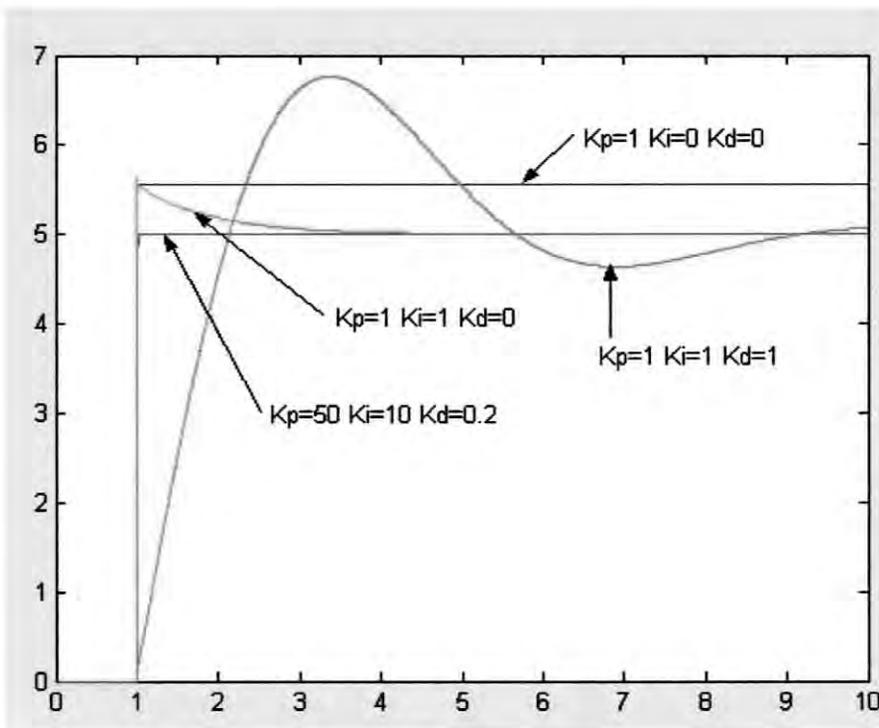
$$PID = K_p e + K_i \int edt + K_D \frac{de}{dt} \dots\dots\dots 2.1$$

$$PID = K_p * De_{i-} + K_i * Dt[SUM + De_{i-1}] + KD * [De_{i-1} - De_{i-2}] / Dt \dots\dots 2.2$$

Jadual 2.1 : Reaksi Gelung Tutup

Reaksi gelung tutup	Masa menaik (Tr)	Overshot (%OS)	Masa penganapan (Ts)	Ralat keadaan mantap ( $e_{ss}$ )
Kp	Berkurang	Bertambah	Berubah sedikit	Berkurang
Ki	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Tiada
Kd	Berubah sedikit	Berkurang	Berkurang	Berubah kecil

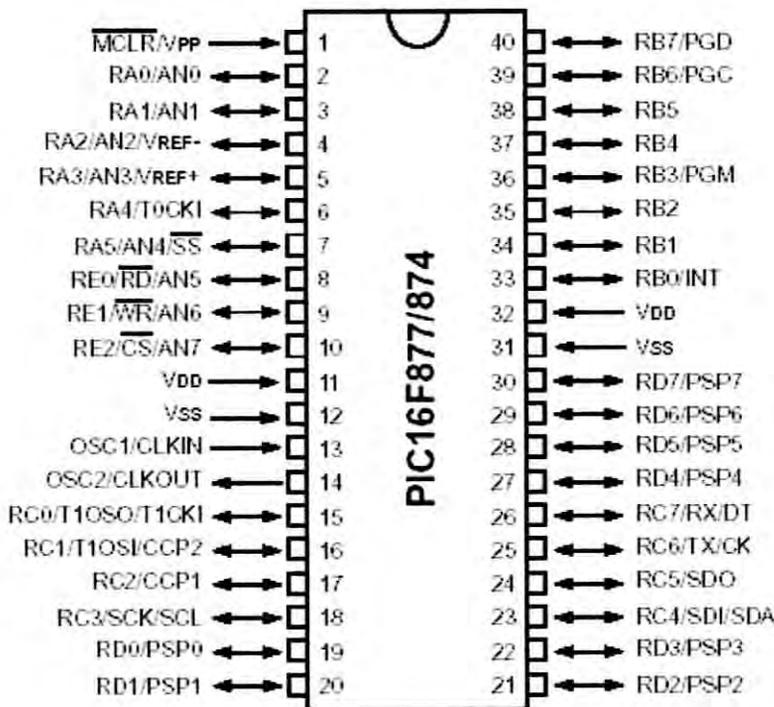
Rajah 2.2 menunjukkan contoh sambutan fana yang dikeluarkan oleh satu sistem dengan nilai-nilai pengawal yang berbeza.



Rajah 2.2 : Perbandingan Nilai Pengawal

## 2.4 Pengawal Mikro PIC 16F877

Bagi pengawal mikro ini terdapat berbagai-bagai jenis yang mana terdiri dari beberapa famili iaitu PIC12XXX, PIC14XXX, PIC16XXX, 18XXX, PIC SERVO<sup>[8]</sup>. Bagi setiap jenis PIC (rajah 2.3) ini mempunyai perbezaan dari segi fungsi, keadaan fizikal, dan juga bilangan kaki. Bagi projek ini, jenis PIC yang dipilih ialah PIC16F877. Jenis ini mempunyai 40 kaki dan 4 data bank yang terdiri daripada empat keluaran atau masukan iaitu RA0-RA7, RB0-RB7, RC0-RC7, dan RD0-RD7. Di dalam PIC jenis ini juga terdapat penukar analog kepada digital iaitu ADCON. Ini bertujuan untuk menukarkan suap balik daripada motor kepada nilai digital yang mana boleh dibaca oleh aturcara. PIC ini juga hanya menggunakan 35 set arahan yang mana tidak terlalu banyak set arahan yang perlu digunakan cuma bergantung cara penggunaannya. Masukan pada PIC ini adalah sebanyak 5 volt sahaja. Oleh itu ia tidak memerlukan nilai voltan yang tinggi untuk mengaktifkan mikropengawal ini. Penggunaan PIC ini adalah untuk menghasilkan PWM 'modulasi lebar denyut'. Denyut digunakan untuk menggerakkan motor pada kelajuan yang dikehendaki.



Rajah 2.3 : Blok PIC 16F877

Rajah 2.4 menunjukkan stuktur dalaman bagi PIC16F877 ini. Jika dilihat binaan dalaman PIC ini dibahagikan kepada empat bahagian yang mana setiap bahagian dinamakan Bank 1, Bank 2, Bank 3, dan Bank 4.

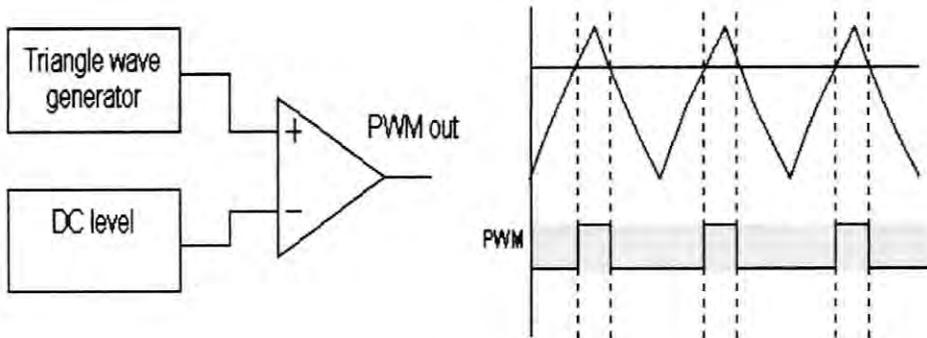
File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. <sup>(1)</sup> 00h	Indirect addr. <sup>(1)</sup> 80h	Indirect addr. <sup>(1)</sup> 100h	Indirect addr. <sup>(1)</sup> 180h
TMR0 01h	OPTION REG 81h	TMR0 101h	OPTION REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h	105h	185h
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h	107h	187h
PORTD <sup>(1)</sup> 08h	TRISD <sup>(1)</sup> 88h	108h	188h
PORTE <sup>(1)</sup> 09h	TRISE <sup>(1)</sup> 89h	109h	189h
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved <sup>(2)</sup> 18Eh
TMR1H 0Fh	8Fh	EEADRH 10Fh	Reserved <sup>(2)</sup> 18Fh
T1CON 10h	90h	110h	190h
TMR2 11h	SSPCON2 91h	111h	191h
T2CON 12h	PR2 92h	112h	192h
SSPBUF 13h	SSPAD 93h	113h	193h
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h	114h	194h
CCPR1L 15h	95h	115h	195h
CCPR1H 16h	96h	116h	196h
CCP1CON 17h	97h	General Purpose Register 16 Bytes 117h	General Purpose Register 16 Bytes 197h
RCSTA 18h	TXSTA 98h	118h	198h
TXREG 19h	SPBRG 99h	119h	199h
RCREG 1Ah	9Ah	11Ah	19Ah
CCPR2L 1Bh	9Bh	11Bh	19Bh
CCPR2H 1Ch	9Ch	11Ch	19Ch
CCP2CON 1Dh	9Dh	11Dh	19Dh
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh	11Eh	19Eh
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh	11Fh	19Fh
20h	A0h	120h	1A0h
General Purpose Register 96 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes
7Fh	EFh	16Fh	1EFh
Bank 0	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh
	F0h	170h	1F0h
	FFh	17Fh	1FFh
	Bank 1	Bank 2	Bank 3

Rajah 2.4 : Rekabentuk PIC 16F877

## 2.5 Modulasi Lebar Denyut ( PWM )

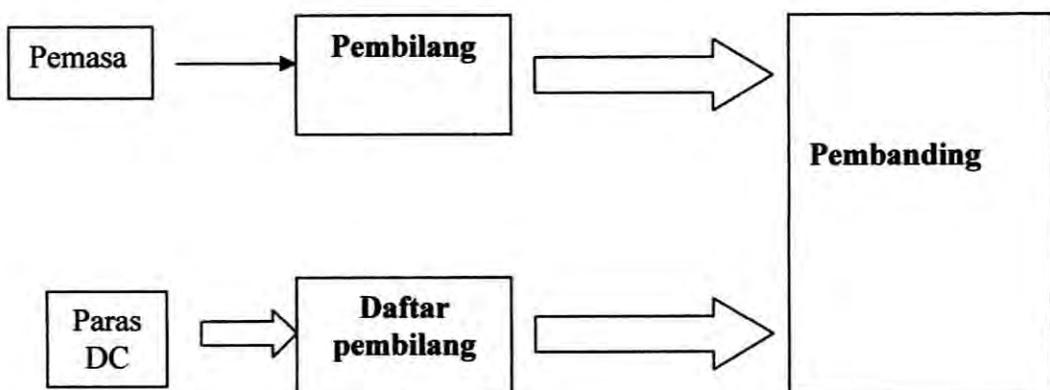
PWM digunakan untuk menghasilkan denyut yang mana denyut akan mengawal kelajuan motor. Jika terdapat pengawalmikro pada motor, ini membolehkan isyarat PWM ini dihasilkan walaupun menggunakan lebih daripada

satu motor. Secara asasnya, PWM dihasilkan dengan membuat perbandingan isyarat gelombang segitiga dengan isyarat arus terus seperti pada rajah 2.5 dalam bentuk denyut. Isyarat arus terus ini boleh di hadkan kepada voltan maksimum dan minimum daripada gelombang segitiga.



Rajah 2.5 : Isyarat PWM

Daripada rajah 2.5, paras arus terus menjadi tinggi, denyut akan menjadi lebih kecil. Kaedah berdigit pula bersangkut pertambahan bilangan dan 'counter value' bandingan bersama 'pre-loaded' daftar nilai. Secara asas versi digital diterjemah melalui rajah 2.6 dibawah:

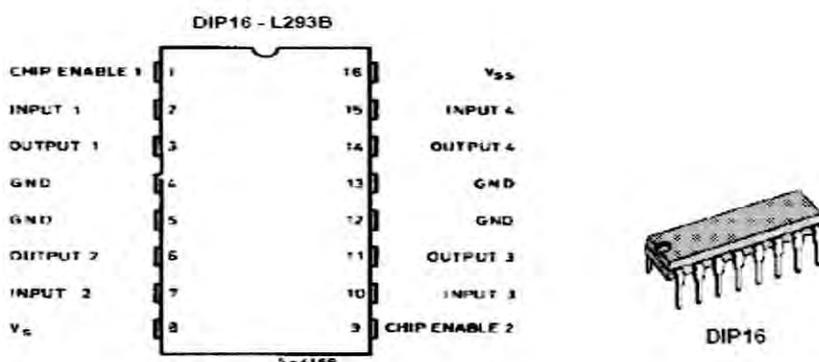


Rajah 2.6 : Perbandingan Isyarat Menggunakan Kaedah Berdigit

Daftar perlu dimuatkan dengan nilai paras PWM oleh pengawal mikro. Pengawal mikro akan memproses nilai PWM yang dikehendaki untuk memberi keluaran dari pengawal mikro ke pemacu.

## 2.6 Pemacu

Pemacu digunakan untuk memacu kelajuan atau posisi motor arus terus yang mana motor arus terus ini memerlukan nilai voltan bekalan lebih daripada 5 volt. Pemacu yang digunakan adalah dari jenis L293B-SGS THOMSON<sup>[7]</sup> seperti rajah 2.7. Pemacu ini boleh memacu voltan motor setinggi 36 volt. Pemacu ini terdiri daripada dua bahagian untuk memacu motor yang mana setiap bahagian mempunyai masukan dan kepada motor iaitu bahagian 1 dan bahagian 2. Ini membolehkan pemacu ini memacu 2 motor dengan memberi denyut kepada kaki masukan dan juga kaki voltan masukan motor untuk mengawal kelajuan atau kedudukan. Pemacu ini menggunakan denyut (pulse) yang mana untuk mengaktifkan transistor didalamnya. Ia juga boleh memacu arus setinggi 1 ampere per saluran (channel) yang mana motor yang digunakan mempunyai arus setinggi hampir 0.7 ampere. Pemacu ini mempunyai 16 kaki yang mana terdiri dari 2 masukan motor, dan 4 masukan logik untuk memacu motor. Denyut yang diterima daripada pengawalmikro akan dihantar ke pemacu dan kemudian akan memacu motor samada untuk memberikan kelajuan atau mengurangkan kelajuan berpandukan denyut purata yang diterima.



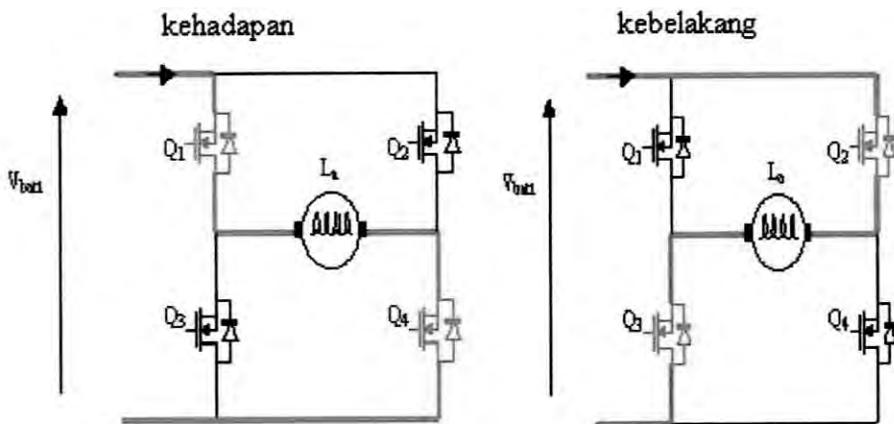
Rajah 2.7 : Pemacu L293B

Jadual 2.2 menunjukkan posisi yang berlaku pada masukan yang berbeza. Rajah 2.8 menunjukkan aliran arus didalam pemacu semasa berlaku proses kehadapan atau kebelakang.

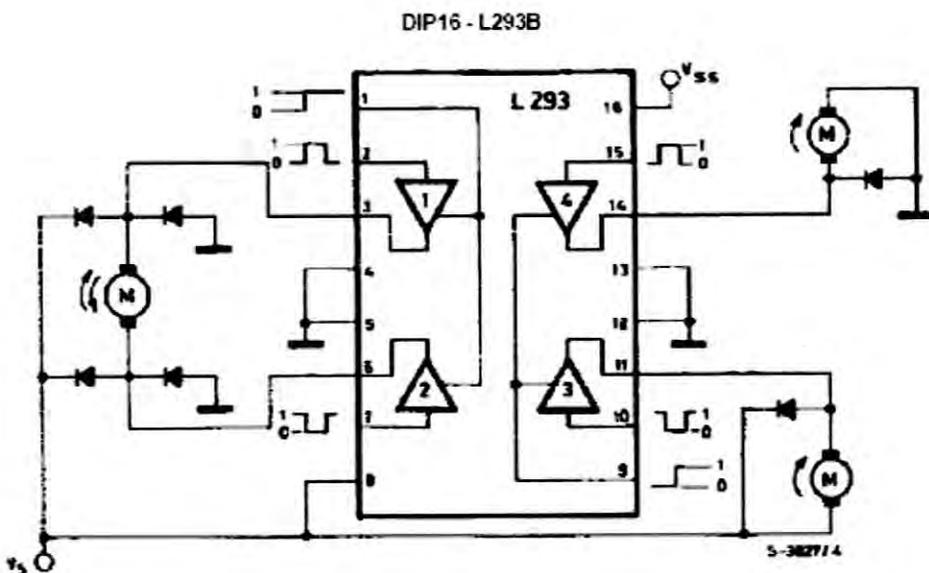
Jadual 2.2 : Konfigurasi Bit Masukan

Kedudukan	Masukan 1	Masukan 2	Masukan 3	Masukan 4
Hadapan	1	0	1	0
Belakang	0	1	0	1

1 = 5 volt, 0 = 0 volt



Rajah 2.8 : Aliran Arus Pemacu



Rajah 2.9 : Penyambungan Pemacu