

# APLIKASI MIKROKONTROLER 80C31 SEBAGAI ALAT PENGENDALI MOTOR DC MAGNET PERMANEN DENGAN METODE *P I D* DAN METODE *P W M*

**Pratolo Rahardjo**

Staf pengajar PST. Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana

## INTISARI

Alat pengendali motor DC magnet permanen ini menggunakan dua metode, yaitu metode *PID* (*Propositional, Integral dan Diferensial*) dan metode *Modulasi Lebar Pulsa* (*Pulse Width Modulations, PWM*), yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan putarannya. Komponen pokok alat ini adalah mikrokontroler 80C31, ditambah dengan beberapa komponen pendukungnya. Alat ini diimplementasikan untuk motor DC magnet pemanen 24 Volt. Besarnya target rpm, konstanta-konstanta pengendalian, dan jenis metode aksi sistem pengendaliannya (sistem pengendalian ikal atau kalang terbuka ataukah sistem pengendalian ikal atau kalang tertutup), dimasukkan melalui papan tombol (*keypads*) dan ditampilkan pada tampilan tujuh ruas (*seven segment display*). Setiap periode tertentu mendeteksi rpm motor DC yang akan dikendalikan, melalui rangkaian sensor putaran, rangkaian pembangkit, dan rangkaian penguat sinyal PWM. Selanjutnya oleh mikrokontroler dilakukan perhitungan sesuai dengan program yang dimasukkan, sehingga diperoleh performen sesuai yang diinginkan.

Kata kunci : mikrokontroler, pengendali *PID*, pengendali *PWM*.

## SUMMARY

This controller of DC motor with permanent magnet use two methods, that are *PID* (*Proportional, Integral, Differentials*) method and *Pulse Width Modulations (PWM)* method, that is used for velocity of rotation controlling. The main of components controller is microcontroller 80C31, and added some supported components. This controller is implemented for of 24 Volts DC motor with permanent magnet. The value of rpm target, the constants of this controller, and the kind of controlling method (*open loop or close loop*), is entered to *keypads* and shown at *seven-segment display*. Each the period to detecting rpm of DC motor that will controlled, through rotation sensor circuits, and generating and amplifier *PWM* signals circiuts. Then by microcontroller with calculating according program entered, so that obtained good performance.

Keywords : microcontroller, *PID* controller, *PWM* controller

## 1. PENDAHULUAN

Dengan adanya perkembangan teknologi devais mikroelektronika, aneka ragam mikrokontroler telah beredar bebas di pasaran saat ini. Mulai dari harganya, batas kemampuan dan letak atau jenis memorinya, maupun fasilitas-fasilitas lainnya yang telah disediakan oleh pabrik pembuatnya. Peranan kendali atau kontrol otomatis pun telah semakin banyak memberikan keuntungan di segala bidang. Baik dari segi efektifitas, efisiensi, dan akurasi, maupun dari segi kehandalan, ketepatan, dan kecepatan proses produksi dapat semakin meningkat.

Mikrokontroler 80C31 dengan *external* : *EPROM 27C256* dan *RAM 62256* sebagai komponen pokok, ditambah dengan beberapa komponen pendukungnya dapat digunakan sebagai alat pengendali suhu. Keuntungan yang dapat diperolehnya antara lain adalah *reprogrammable*. Dengan sedikit

memberikan atau mengubah program yang berbeda, maka fungsi alat juga akan berubah, sehingga lebih fleksibel untuk melakukan pengendalian yang *plant systems* yang berbeda pula.

Pada alat pengendali motor DC ini menggunakan dua metode, yaitu metode *PID* (*Propositional, Integral dan Diferensial*) dan metode *Modulasi Lebar Pulsa* (*Pulse Width Modulations, PWM*), yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan putarannya. Alat ini diimplementasikan untuk motor DC magnet pemanen 24 Volt. Besarnya target rpm, konstanta-konstanta pengendalian, dan jenis metode aksi sistem pengendaliannya (sistem pengendalian ikal atau kalang terbuka ataukah sistem pengendalian ikal atau kalang tertutup), dimasukkan melalui papan tombol (*keypads*) dan ditampilkan pada tampilan tujuh ruas (*seven segment display*). Setiap periode tertentu mendeteksi rpm motor DC yang akan dikendalikan, melalui rangkaian sensor putaran,

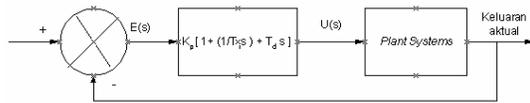
rangkaian pembangkit, dan rangkaian penguat sinyal PWM. Selanjutnya oleh mikrokontroler dilakukan perhitungan sesuai dengan program yang dimasukkan, sehingga diperoleh performen motor DC ini sesuai dengan yang diinginkan.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Pengendali Proposional Integral Diferensial (PID)**

Merupakan gabungan antara pengendali proposional, pengendali integral, dan pengendali diferensial. Pada pengendali proposional, pengendali integral, dan pengendali diferensial (PID), dituliskan :

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$



Gambar 1. Pengendali PID

Dengan fungsi alih dinyatakan sebagai berikut :

$$D(s) = \frac{U(z)}{E(z)} = K_p + \frac{K_i T}{s} + K_d s \quad (2.2)$$

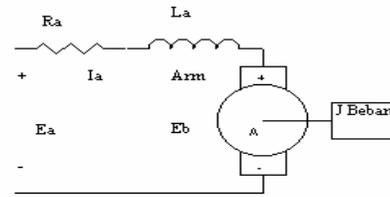
Untuk keperluan implementasi, fungsi alih PID di atas harus diubah ke dalam bentuk yang menyatakan keluaran pengendali sebagai fungsi eksplisit dari masukan pengendali, sehingga dituliskan menjadi (dalam bentuk transformasi balik z) :

$$u(k) = u(k-1) + K_p [e(k) - e((k-1))] + \frac{K_i T}{2} [e(k) + e((k-1))] + \frac{K_d}{T} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \quad (2.3)$$

dimana  $K_p$  adalah kepekaan atau penguatan proposional,  $K_i$  adalah konstanta integral,  $K_d$  adalah konstanta difensial, dan  $T$  adalah periode sampling atau cuplikan.

**2.2. Pengendali Kecepatan Putaran Motor DC**

Motor DC magnet permanen ini ditunjukkan seperti pada Gambar 2.2. di bawah ini.



Gambar 2. Sistem motor DC magnet permanen

Dengan mengabaikan  $L_a$ , persamaan tegangan pada rangkaian jangkar (*armature*) dituliskan :

$$e_a = i_a R_a + e_b \quad (2.4)$$

Untuk keadaan tunak (*steady state*), dinyatakan sebagai berikut :

$$E_a = I_a R_a + E_b \quad (2.5)$$

Berdasarkan sistem dasar motor DC magnet permanen di atas, dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$E_b = C n \phi \quad (2.6)$$

di mana  $C$  adalah konstanta,  $\phi$  adalah fluks magnet, dan  $n$  adalah kecepatan putaran (*rpm*).

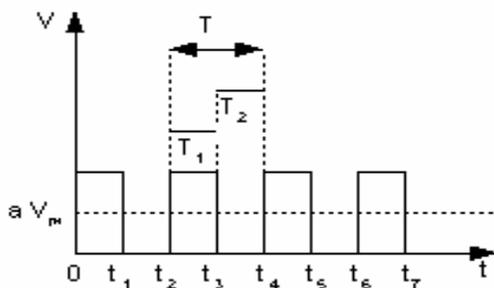
Dengan mengkombinasikan persamaan-persamaan di atas diperoleh bahwa :

$$n = \frac{E_a - I_a R_a}{C \Phi} \quad (2.7)$$

Karena nilai fluks magnet konstan, maka pengendalian kecepatan putaran motor DC ini dilakukan dengan cara mengubah tegangan masukan  $E_a$ .

**2.3. Modulasi Lebar Pulsa (Pulse Width Modulation)**

Sistem pengendalian kecepatan putaran motor DC dengan magnet permanen ini menggunakan pengendalian modulasi lebar pulsa (*Pulse Width Modulation, PWM*). Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengubah tegangan masukan  $E_a$ , dengan mengingat fluks magnetnya tetap.



Gambar 3. Tegangan searah setelah dipenggal

Apabila tegangan searah dipenggal secara teratur seperti tercantum pada Gambar 2 di atas, yaitu pada waktu  $t_1$  dimatikan,  $t_2$  dihidupkan lagi,  $t_3$  dimatikan, dan seterusnya, maka ada tegangan searah yang secara teratur terputus-putus, dimana besarnya tergantung pada  $T_1$  dan  $T_2$ , yaitu :

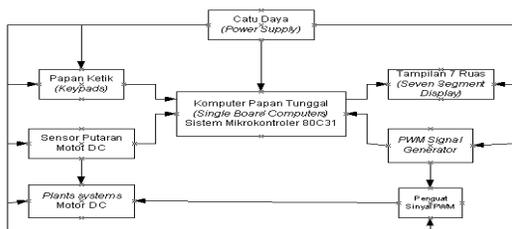
$$V = a V_m \tag{2.8}$$

dimana 
$$a = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{T_1}{T} \tag{2.9}$$

### 3. PERANCANGAN & IMPLEMENTASI

#### 3.1. Perangkat Keras (Hardware)

Diagram blok perangkat keras dari sistem pengendali kecepatan putaran motor DC dengan magnet permanen ini ditunjukkan seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Sistem pengendali motor DC magnet permanen dengan metode PID dan PWM

Pada rangkaian komputer papan tunggal (*Single Board Computers, SBC*) merupakan sistem mikrokontroler 80C31 ditambah dengan beberapa komponen pendukungnya, sebagai pengendali keseluruhan kerja sistem. Rangkaian pembangkit atau generator sinyal PWM pada dasarnya terdiri atas sebuah *PIT (Programmable Interval Timer) 8253*,

untuk mengeset detak pencacah (*counter*) dan pewaktu (*timer*) untuk membangkitkan sinyal dan besarnya periode PWM. Sedangkan pada rangkaian penguat sinyal PWM, menggunakan transistor NPN TIP 120 yang dipasang secara *Darlington* agar mampu mengalirkan arus  $I_C$  sampai 5 Ampere, dengan tegangan  $V_{CE}$  dan  $V_{CB}$  maksimal 60 Volt.

Untuk *plant systems*, berupa motor DC magnet permanen 24 Volt yang terhubung melalui satu poros dengan mesin DC, yang serupa berfungsi sebagai beban generator yang dirangkai dengan beban variabel. Pada rangkaian sensor putaran kecepatan motor DC ini, pulsa keluaran akan berlogika tinggi 1 (*High*) apabila sinar infra merah pada *optocoupler* tidak terhalangi oleh piringan (tepat mengenai lubang yang ada pada piringan). Keadaan sebaliknya terjadi untuk pulsa keluaran akan berlogika rendah 0 (*Low*) apabila sinar infra merah pada *optocoupler* terhalangi oleh piringan tsb.

Rangkaian papan ketik (*keypads*), disusun secara matriks sebanyak 4 x 4 tombol dengan sistem pemayaran (*scanning*) yang dilengkapi dengan penahan data. Rangkain ini berfungsi untuk memasukkan *data rpm target*, konstanta-konstanta aksi pengendalian, dan *data rpm actual*. Untuk rangkaian catu daya yang digunakan bervariasi sesuai dengan kebutuhan, yaitu  $\pm 5$ ,  $\pm 12$ , dan  $+24$  Volt.

#### 3.2. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak terdiri atas program utama yang menginisialisasikan semua variabel, PIT 8253, *timer*, dan beberapa program subrutin antara lain :

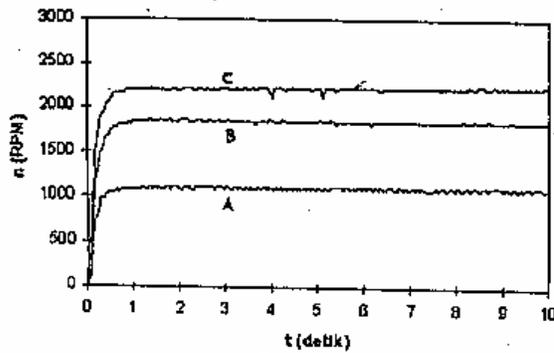
1. subrutin tombol papan ketik *keypads*,
2. subrutin menghitung pulsa,
3. subrutin PID untuk menjalankan pengendalian PID,
4. subrutin *PWM*,
5. subrutin tampilan untuk menampilkan data tampilan angka desimal ke tampilan tujuh ruas,

### 4. PENGUJIAN, ANALISA, DAN PEMBAHASAN

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui tanggapan (*respon*) *plant systems* terhadap masing-masing aksi pengendalian *PID* dan *PWM*.

#### 4.1. Pengendali Kalang Terbuka

Pada pengendali kalang terbuka ini, tanpa disertai dengan umpan balik. Prosesnya terjadi hanya sekali dengan mengisikan nilai tegangan masukan tertentu. Pada Gambar 5 berikut ini merupakan grafik respon untuk *duty cycle* 50%, 67 %, dan 75 %.



Kel :  
 A : d. c = 50 %  
 B : d. c = 67 %  
 C : d. c = 75 %

Gambar 5. Grafik respon pengendali kalang terbuka untuk *duty cycle* 50%, 67 %, dan 75 %

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa, motor konstan pada rpm tertentu. Namun agak sulit untuk mendapatkan target rpm sesuai yang kita inginkan, karena tidak adanya umpan balik (*feedback*) yang akan mengendalikan keluaran.

**4.2. Pengendali Proposional (P)**

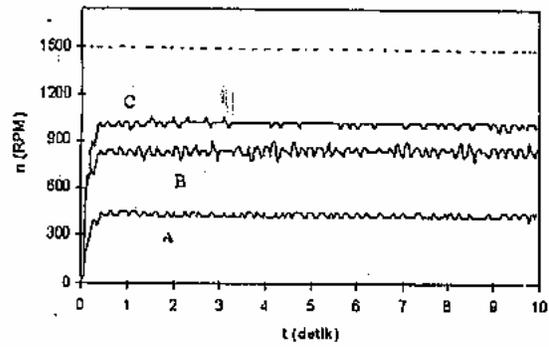
Terlihat bahwa pada pengendali proposional ini terjadi *offset error*, meskipun nilai  $K_p$  diperbesar. Hal ini dapat dipahami dari persamaan (2.2) yang difungsikan sebagai pengendali proposional ( $K_i = 0$  dan  $K_d = 0$ ), yaitu :

$$U_n = K_p \{ e_n - e_{n-1} \} + U_{n-1} \quad (4.1)$$

Dari persamaan di atas menunjukkan bahwa pengendali hanya efektif berfungsi, apabila selisih *error* besar. Bila sudah mendekati target, maka *error* bernilai kecil, sehingga penambahan aksi pun kecil. Hal ini berlanjut hingga tidak terjadi penambahan aksi, yang disebabkan selisih *error* sangat kecil, meskipun belum dicapai target yang diinginkan.

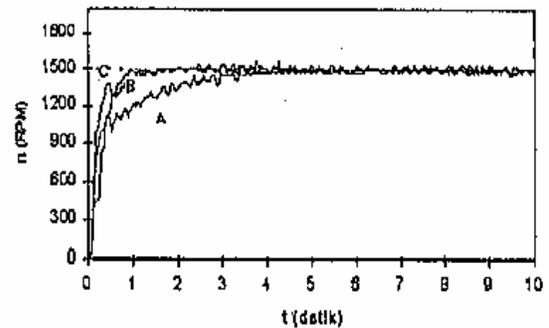
**4.3. Pengendali Proposional Integral (PI)**

Untuk mengatasi offset error pada pengendali proposional, maka ditambahkan integrator yang mampu mengatasi offset error, karena memberi respon tidak nol, meskipun error masukan nol. Hal itu tidak bisa dilakukan oleh pengendali proposional. Grafik hasil pengujiannya ditunjukkan pada Gambar 7 di bawah ini.



Kel :  
 A :  $K_p = 1$   
 B :  $K_p = 2$   
 C :  $K_p = 8$

Gambar 6. Grafik hasil pengujian pengendali proposional

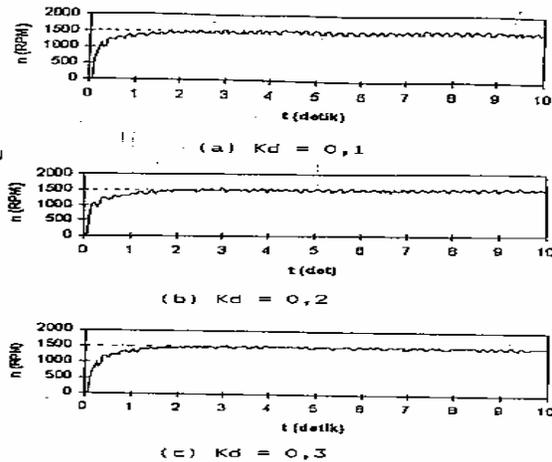


Kel :  
 A :  $K_i = 0,1$   
 B :  $K_i = 0,2$   
 C :  $K_i = 0,3$

Gambar 7. Grafik hasil pengujian pengendali proposional integral ( $K_p = 2$ )

**4.4. Pengendali Proposional Integral Diferensial (PID)**

Pada pengujian pengendali proposional integral diferensial ini, nilai konstanta disetting  $K_p = 2$ ,  $K_i = 0,2$ , dan  $K_d$  bervariasi. Grafik hasil pengujiannya ditunjukkan pada Gambar 8 di bawah ini.

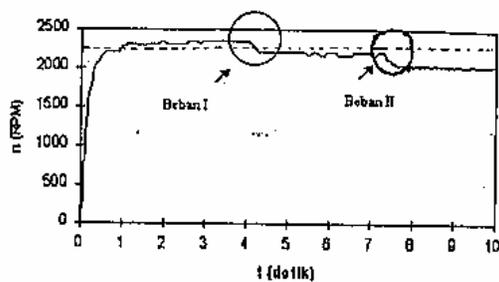


Gambar 8. Grafik hasil pengujian pengendali proposional integral diferensial

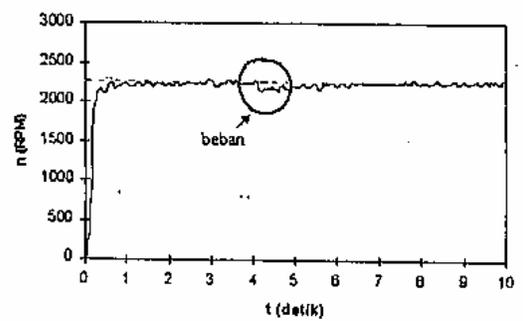
Terlihat bahwa perubahan besar nilai konstanta  $K_d$  tidak begitu banyak berpengaruh terhadap respon. Hal ini karena pengendali diferensial berfungsi efektif untuk *plant systems* yang memiliki respon lambat. Karena diferensiator itu sendiri berfungsi untuk memberi energi ekstra kepada *plant systems* pada saat awal-awal respon.

**4.5. Analisis Respon Terhadap perubahan Beban**

Pada pengendali ikal atau kalang terbuka sangat peka terhadap gangguan, baik gangguan internak maupun gangguan eksternal. Kepekaan terhadap gangguan ini terjadi karena sistem hanya bekerja berdasarkan nilai masukan yang bernilai konstan dan tidak adanya umpan balik yang mengecek apakah keluaran sudah sesuai dengan yang diinginkan ataukah belum.



Gambar 9. Grafik hasil pengujian pengendali dua posisi (*on-off*)



Gambar 10. Grafik hasil pengujian pengendali dua posisi (*on-off*)

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

**5.1. Kesimpulan**

1. Mikrokontroler 80C31 dengan *external EPROM 27C256* dan *RAM 62256* sebagai komponen pokok, ditambah dengan beberapa komponen pendukungnya dapat digunakan sebagai alat pengendali motor DC manget permanen dengan metode *PID* dan *PWM* yang bersifat *reprogrammable*, ekonomis, dan mampu melakukan perhitungan matematis (yang cukup rumit).
2. Alat pengendali motor DC ini memiliki kemampuan sebagai berikut :
  - a. Memilih sistem pengendalian (kalang terbuka ataukah kalang tertutup),
  - b. Memilih besarnya target rpm,
  - c. Menentukan jenis aksi pengendalian (P, PI, ataukah PID dan dapat mengubah nilai-nilai konstanta-konstanta  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  untuk memperoleh hasil seperti yang diinginkan).

**5.2. Saran**

1. Perlu ditambahkan jumlah lubang pada piringan sensor putaran motor DC sehingga akurasi pengukuran rpm dan kualitas meningkat.
2. Pemanas (*heater*) dapat diperbesar atau diganti dengan arus bolak-balik, sehingga pemanasan dapat dipercepat dan lebih merata homogen.
3. Tampilan menggunakan tampilan kristal cair (*Liquid Crystal Display*).
4. Perlu menggunakan ADC yang berkapasitas lebih dari 8 bit agar pengambilan data lebih teliti akurat.

---

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Ayala, Kenneth J., *The 8051 Microcontroller Architecture, Programming And Applications*, West Publishing Company, St. Paul-USA, 1991.
2. Coughlin, Robert F. dan Frederick F. Driscoll, *Penguat Operasional Dan Rangkaian Terpadu Linier*, Cet. Kedua, Erlangga, Jakarta, 1992.
3. *Data Praktis Elektronika-Kumpulan Data Elektronika Populer*, Cet. Kedua, PT. Gramedia, Jakarta, 1988.
4. Hogenboom P., *Data Sheet Book 3-Catatan Aplikasi*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1993.
5. Hogenboom P., *Data Sheet Book 4-Peripheral Chip*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1992.
6. Hughes, Fredrick W., *Panduan Op-Amp*, Cet. Kedua, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997.
7. Malik, Muh. Ibnu dan Anistardi, *Bereksperimen Dengan Mikrokontroler 8031*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997.
8. Steeman, J.P.M., *Data Sheet Book 2*, Cet. Kedua, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1993.
9. Suyono, Wasito, *Data Sheet Book 1-Data IC Linier, TTL Dan CMOS (Kumpulan Data Penting Komponen Elektronika)*, Cet. Ke-3, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1994.
10. Suyono, Wasito, *Vademekum Elektronika*, Edisi Kedua, PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta, 1995.