

Pemodelan Sistem Kontrol Motor DC dengan Temperatur Udara sebagai Pemicu

Brilliant Adhi Prabowo
Pusat Penelitian Informatika, LIPI
brilliant@informatika.lipi.go.id

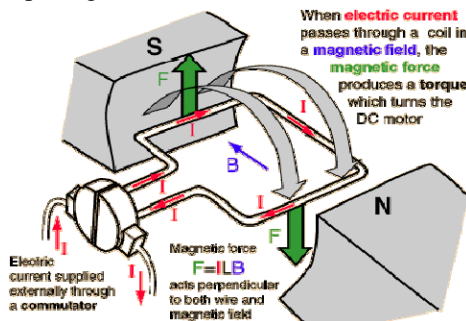
Abstrak

Motor dc lebih sering digunakan untuk beberapa kegiatan yang memerlukan pengaturan kecepatan daripada motor ac. Disamping pengontrolan kecepatan putar, sistem control motor dc juga mengatur arah putar rotor, searah jarum jam atau berlawanan dengan arah jarum jam. Salah satu sistem control motor dc adalah menggunakan Modulasi Lebar Pulsa (PWM) sebagai pemicu pada driver control seperti transistor H-Bridge. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem control motor dc menggunakan suhu udara sebagai pemicu.

Kata kunci: motor dc, system control, modulasi lebar pulsa, PWM.

1. Pendahuluan

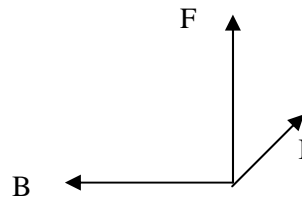
Motor dc atau sering disebut motor arus searah lebih sering digunakan untuk keperluan yang membutuhkan pengaturan kecepatan dibandingkan dengan mesin ac. Alasan utama penggunaan mesin dc terutama pada industri-industri modern adalah karena kecepatan kerja motor-motor dc mudah diatur dalam suatu rentang kecepatan yang luas, disamping banyaknya metode-metode pengaturan kecepatan yang dapat digunakan.



Gambar 1 Konfigurasi motor DC

Prinsip dasar dari motor dc, seperti ditunjukkan pada Gambar 1, adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan tegak lurus antara kutub magnet Utara-Selatan, maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat tersebut. Arah gerak

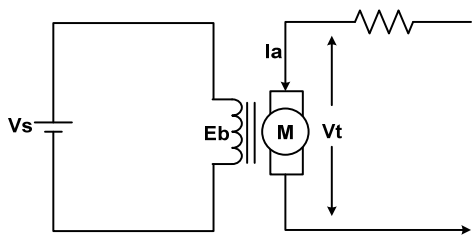
kawat tersebut ditentukan dengan kaidah tangan kiri seperti pada Gambar 2. Apabila arah medan magnet (B) searah sumbu X negatif, sedangkan arah arus kawat (I) searah sumbu Z positif, maka arah gaya (F) terhadap kawat tersebut searah sumbu Y positif.



Gambar 2 Kaidah tangan kiri arah medan magnet, arus, dan gaya

Rangkaian ekuivalen motor dc dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 3. Kontrol motor dc, terdiri dari pengaturan kecepatan dan pengaturan arah putar motor. Kecepatan putar motor dc dipengaruhi oleh gaya (F) yang dihasilkan pada motor dc. Sesuai kaidah tangan kiri besarnya gaya dipengaruhi oleh medan magnet (B) dan arus (I) yang melewati rotor pada motor dc. Semakin kuat medan magnet medan magnet yang melintas pada rotor atau semakin besar arus yang melewati rotor, maka besarnya gaya yang memutar rotor akan berbanding lurus, demikian juga sebaliknya. Apabila medan magnet pada motor dc dihasilkan dari

aliran arus listrik pada kumparan medan, maka pengaturan arus yang melewati kumparan medan akan mempengaruhi kekuatan medan magnet yang melintasi rotor.



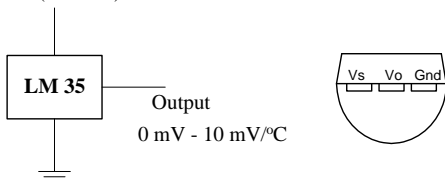
Gambar 3 Rangkaian ekuivalen motor dc

Sedangkan untuk mengubah arah gaya atau mengubah arah putar motor dapat dilakukan dengan membalik arah medan magnet atau membalik arus yang mengalir melalui rotor motor dc.

1.1 Transducer Temperatur LM35

LM 35 adalah merupakan transducer temperatur yang menghasilkan tegangan yang linear dalam satuan derajat Celcius (°C). Selain itu LM 35 juga dapat digunakan untuk detektor suhu dalam satuan derajat Kelvin (°K). LM 35 tidak memerlukan penyesuaian piranti terhadap pengaruh dari luar, karena transducer tersebut telah memiliki kemampuan presisi yang cukup tinggi dengan toleransi error sekitar 0,25 °C di ruang tertutup, dan 0,75 °C di ruang terbuka, dengan range pengukuran dari -55 °C sampai dengan 150 °C.

+ VS (4V-20V)



Gambar 4 Transducer Temperatur IC LM35

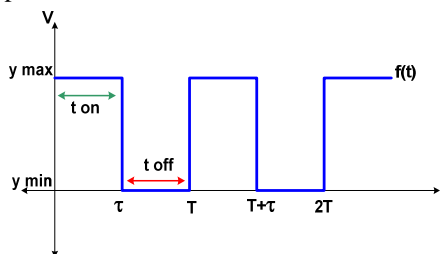
Output dari LM 35 berupa tegangan yang linier, sehingga akan mempermudah pengontrolan rangkaian. Dalam aplikasinya LM 35 cukup menguntungkan bila ditinjau dari penggabungan (*integrated*) dengan rangkaian-rangkaian lainnya. Dengan melekatkan atau memasangkannya pada

penampang, suhu permukaannya akan mencapai sekitar 0,01 °C.

Dengan mengasumsikan suhu udara hampir sama dengan suhu permukaan, jika suhu udara lebih tinggi atau lebih rendah dari suhu permukaan, maka suhu sebenarnya dari LM 35 berada diantara suhu udara dan suhu permukaan.² Diagram skematik dari transducer LM 35 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

1.2 Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation (PWM) atau modulasi lebar pulsa, merupakan sinyal digital berupa gelombang kotak (*square wave*) dimana *duty cycle* dari gelombang kotak tersebut dapat diatur sesuai dengan kebutuhan sistem. Gelombang kotak $f(t)$ yang ideal dengan periode T ditunjukkan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Gelombang kotak $f(t)$ yang ideal dengan periode T

Gelombang kotak seperti pada Gambar 5. memiliki *duty cycle* (D) seperti pada persamaan berikut:

$$D = \frac{\tau}{T} \quad (1)$$

Dimana:

τ = waktu gelombang kotak selama berlogika tinggi

T = periode gelombang kotak.

Sedangkan tegangan rata-rata sebuah gelombang adalah sesuai pada persamaan:

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt. \quad (2)$$

Dimana :

\bar{y} : tegangan rata-rata gelombang

T : periode gelombang

Gelombang kotak $f(t)$ pada Gambar 5 berada pada nilai $0 < y_{max} < \tau$ dan $\tau < y$

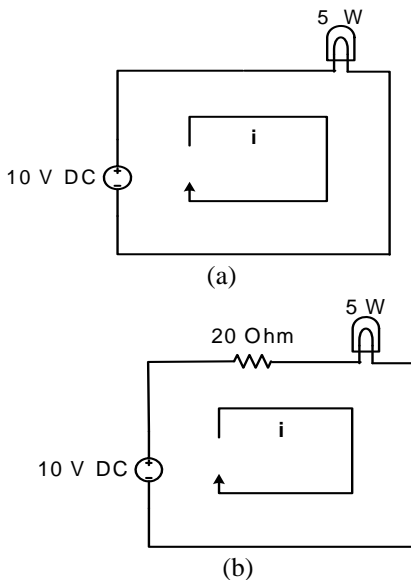
$min < T$, dengan melihat persamaan (1) dapat ditentukan $\tau = D \cdot T$, sehingga tegangan rata-rata gelombang kotak $f(t)$ dapat ditentukan:

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{1}{T} \left(\int_0^{DT} y_{max} dt + \int_{DT}^T y_{min} dt \right) \\ &= \frac{D \cdot T \cdot y_{max} + T(1-D)y_{min}}{T} \\ &= D \cdot y_{max} + (1 - D) y_{min}. \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan rata-rata tegangan tersebut, maka nilai tegangan rata-rata yang dibutuhkan dapat dihasilkan dengan pengaturan *duty cycle* gelombang kotak.³

Modulasi Lebar Pulsa juga dapat digunakan untuk mengontrol daya tanpa membuang sejumlah daya pada driver beban menjadi bentuk energi lain.

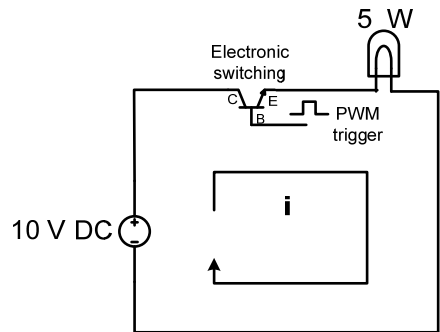
Misalkan pada rangkaian sederhana seperti pada Gambar 6(a). sebuah sumber tegangan digunakan untuk menyalakan sebuah bola lampu dengan daya namun ternyata intensitas cahaya yang dihasilkan pada bola lampu terlalu tinggi, maka untuk menurunkan intensitas cahaya bola lampu dapat ditambahkan sebuah resistor secara seri dengan beban bola lampu untuk mengurangi arus, seperti ditunjukkan pada Gambar 6(b).



Gambar 6 (a) Rangkaian sederhana untuk menyalakan bola lampu (b) Penambahan Resistor secara seri untuk mengurangi intensitas cahaya bola lampu

Dengan menambahkan resistor, intensitas cahaya pada bola lampu akan berkurang, namun pada resistor tambahan tersebut akan terjadi disipasi daya, dimana sebagian daya pada resistor akan terbuang menjadi bentuk energi panas.

Untuk menghindari disipasi daya pada rangkaian sederhana seperti pada Gambar 6 (b), dapat dilakukan pengaturan pewaktuan pensaklaran (*switching*) dengan menggunakan piranti semikonduktor seperti transistor dengan PWM sebagai trigger seperti pada Gambar 7. Semakin besar *duty cycle* PWM, maka rata-rata tegangan yang dihasilkan akan lebih tinggi. Secara logika kondisi beban lampu dengan switching PWM dalam kondisi on-off dalam periode yang singkat, namun respon lampu akan menangkap tegangan rata-rata yang dihasilkan dari trigger pensaklaran.



Gambar 7 Penggunaan saklar elektronik dengan PWM sebagai trigger

PWM dapat dihasilkan secara analog, digital, dibangkitkan dari on chip mikrokontroler terprogram, FPGA atau Single Board Computer.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh suatu pemodelan sistem control motor dc yaitu berupa pengaturan kecepatan dan arah putaran rotor sebagai respon dari temperatur udara. Penelitian ini dapat diimplementasikan pada sistem sirkulasi udara, kipas blower, kipas pendingin udara, dan lain sebagainya.

2. Metode Penelitian

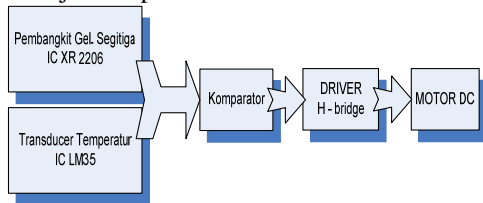
Tahap-tahap dalam penelitian ini diawali dengan studi literasi tentang motor dc

beserta sistem kontrolnya, modulasi lebar pulsa, dan dan komponen-komponen yang akan digunakan dalam penelitian ini. Tahap selanjutnya adalah perancangan blok diagram dan perakitan komponen dan piranti sesuai perancangan blok diagram. Setelah itu dilakukan pengujian sistem dan analisa hasil perancangan yang telah dilakukan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan Sistem

Pemodelan sistem kontrol motor dc pada penelitian ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu pembangkit gelombang segitiga IC XR2206, transducer temperature LM35, komparator, driver H-bridge, dan motor dc 12 V. Blok diagram dari pemodelan ini ditunjukkan pada Gambar 8.

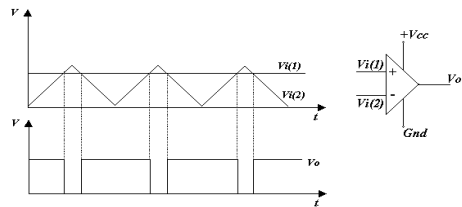


Gambar 8 Blok Diagram Sistem Pemodelan Sistem Kontrol Motor dc

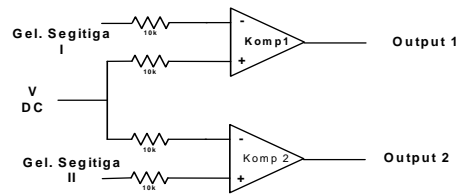
Pada penelitian ini sinyal PWM sebagai trigger pensaklaran driver kontrol motor akan dibangkitkan dari hasil komparasi gelombang segitiga (*triangle wave*) dengan tegangan respon temperatur udara. Sedangkan gelombang segitiga dihasilkan dari IC XR 2206. Komparasi gelombang segitiga dengan tegangan dc respon temperatur udara akan menghasilkan PWM dengan duty cycle yang sebanding dengan kecepatan putaran motor dc. Hasil komparasi gelombang segitiga dengan tegangan dc diilustrasikan pada Gambar 9.

Pada Gambar 9 $V_i(1)$ adalah tegangan input hasil dari respon transducer temperatur sedangkan $V_i(2)$ adalah gelombang segitiga. Setelah melewati komparator, simulasi tegangan output PWM ditunjukkan dengan V_o . Input output dari komparator, dirancang dengan dua titik trigger, satu sebagai trigger

forward dan lainnya sebagai trigger *reverse*. Pemodelan komparator ditunjukkan seperti pada Gambar 10.



Gambar 9 PWM yang dihasilkan dari komparasi gelombang segitiga dengan tegangan dc.

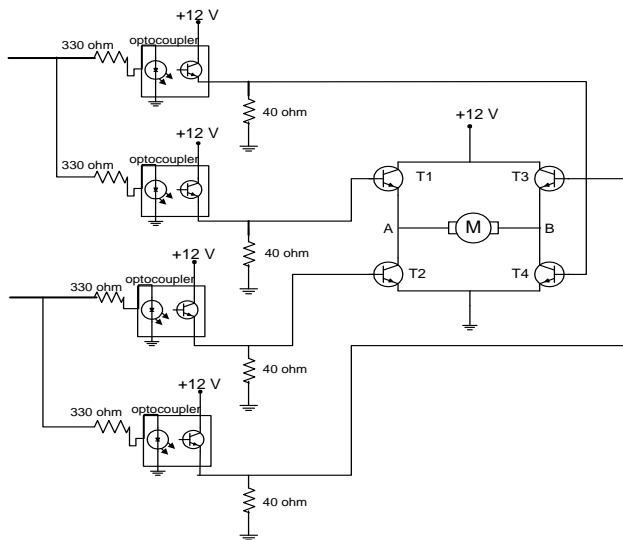


Gambar 10 Metode penyambungan rangkaian komparator

3.2 Perancangan Driver

Driver yang digunakan untuk sistem control motor dc adalah H-bridge dengan control trigger optocoupler 4N28. Driver terdiri dari 4 buah transistor dimana transistor T1 dan T4 di trigger bersama, supaya ada aliran arus dari titik A ke B pada motor dc sehingga rotor akan berputar *clock wise*. Ketika arah putaran motor akan dibalik, maka transistor T2 dan T3 yang akan di trigger bersama, sehingga arus pada motor dc akan mengalir dari titik B ke A.

Pada penelitian ini temperatur udara ditentukan pada set poin 25°C . Artinya pada temperature 25°C motor dc akan berada pada titik tenang. Ketika temperatur udara meningkat dibandingkan titik tenang motor dc akan berputar *clockwise*, semakin tinggi temperature udara, maka putaran rotor akan semakin cepat sampai motor dc mencapai putaran maksimum. Demikian juga apabila temperatur udara dibawah titik tenang, maka motor dc akan berputar *counter clock wise*.



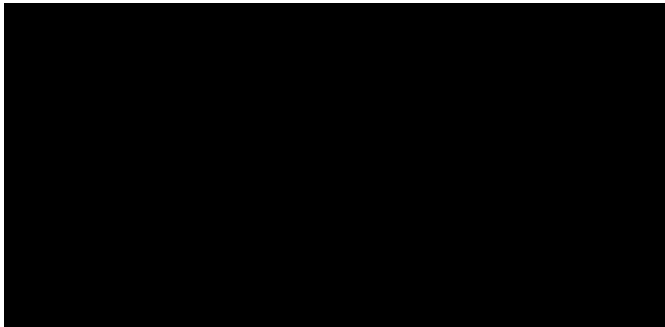
Gambar 11 Konfigurasi driver H-bridge

3.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian dari penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Pada tabel hasil pengukuran temperatur udara minimum

yang bisa dicapai hanya pada temperature 19°C dikarenakan keterbatasan kemampuan pendingin udara yang digunakan pada saat pengukuran.

Tabel 1 Hasil pengukuran respon motor dc terhadap temperature udara.



4. Kesimpulan

Dari penelitian ini diperoleh sebuah model sistem kontrol motor dc dengan stimulus temperatur udara. Model sistem kontrol motor dc hasil perancangan ini menghasilkan respon kecepatan yang signifikan terhadap perubahan temperatur udara.

5. Daftar pustaka

- [1] Zuhail. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Penerbit ITB. Bandung.
- [2] National Semiconductor Corp. 1999. *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. Datasheet LM35.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation