
APLIKASI MOTOR DC 1000 W 48 V SEBAGAI PENGGERAK MOBIL LISTRIK RAMAH LINGKUNGAN

Margana

Program Studi Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Polines
Jl.Prof. Sudarto Tembalang, Semarang
e-mail: marganasmg@yahoo.co.id

Abstrak

Sejalan dengan krisis bahan bakar minyak khususnya di bidang otomotif, inovasi yang berkaitan dengan menipisnya sumber energi banyak dikembangkan disamping tanpa polusi sehingga ramah lingkungan. Salah satunya yaitu mengaplikasikan motor listrik sebagai penggerak mobil listrik. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk menciptakan mobil listrik dengan menggunakan 2 buah motor listrik DC masing-masing mempunyai daya 500 Watt 48 Volt dilengkapi pengatur kecepatan dengan PWM (Pulse Width Modulation). Adapun metode yang digunakan adalah dengan membuat mobil listrik kapasitas satu penumpang dengan berat keseluruhan 170 kg , lebar 140 cm dengan panjang 2 m menggunakan pipa, dan pernah digunakan untuk mengikuti lomba kompetisi mobil listrik III di Bandung. Hasil yang diperoleh yaitu dapat menempuh jarak 7,5 km dengan waktu tempuh 12,37 menit dengan kecepatan maksimum 36,4 km/jam dengan energy yang diperlukan sebesar 206,17 Wattjam sehingga memperoleh juara 1 kategori kecepatan. Adapun jarak tempuh yang dapat dicapai tergantung dari batere yang ada, dengan batere 48 V/128 A Jam dapat mencapai jarak 181 km.

Kata kunci: motor DC, PWM, mobil listrik

PENDAHULUAN

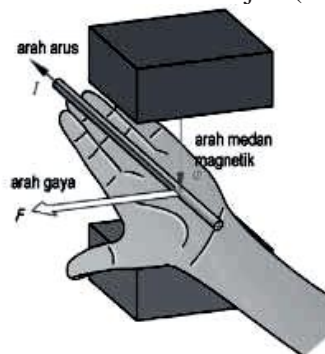
Mobil listrik pertama kali dikenalkan oleh Robert Anderson dari Skotlandia pada tahun 1832-1839, namun pada saat itu harga bahan bakar minyak (BBM) relatif murah sehingga masyarakat dunia cenderung mengembangkan Motor Bakar yang menggunakan BBM.

Saat ini harga BBM semakin mahal dan cadangannya menjadi sangat terbatas serta sulit dikendalikan untuk masa yang akan datang. Selain itu, terdapat isu lingkungan yang menjadi perhatian dunia yang tertuang dalam *Education for Sustainable Development (EfSD)*. Hal ini memicu pengembangan penggunaan energi listrik dalam system transportasi sebagai pengganti bahan bakar fosil, sebab energi listrik mudah dibangkitkan dari berbagai macam sumber termasuk dari sumber-sumber energi terbarukan

Berdasarkan uraian diatas maka Politeknik Negeri Semarang turut serta mengirimkan kontingennya untuk mengikuti kegiatan Kompetisi Mobil Listrik Indonesia yang diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Bandung.

Prinsip kerja Motor DC

Prinsip motor listrik berdasarkan pada kaidah tangan kiri. Sepasang magnet permanen utara-selatan menghasilkan garis medan magnet Φ , kawat penghantar diatas telapak tangan kiri ditembus garis medan magnet Φ . Jika kawat dialirkan arus listrik DC sebesar I searah keempat jari tangan, maka kawat mendapatkan gaya sebesar F searah ibu jari (Gambar 1)

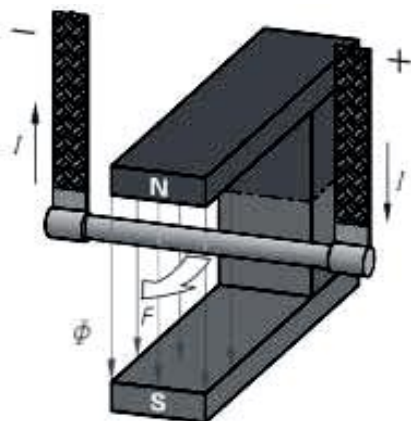


Gambar 1. Aturan tangan kiri prinsip kerja motor

Percobaan sederhana prinsip kerja motor dapat dilakukan dengan menggunakan sepasang magnet permanen berbentuk U, sebatang kawat digantung di kedua sisi ujungnya, pada ujung kawat dihubungkan sumber listrik DC (Gambar 2). Arus listrik mengalir dari terminal positif (+) ke batang kawat sebesar I ampere ke terminal negatif (-). Kawat yang dipotong garis medan magnet, pada batang dihasilkan gaya tolak sebesar F searah panah. Besarnya gaya F yang dibangkitkan:

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot z \text{ Newton} \dots\dots\dots (1)$$

- F = Gaya pada kawat, Newton
- B = Kerapatan medan magnet, Tesla
- I = Arus mengalir di kawat, Amper
- L = Panjang kawat efektif, meter
- Z = Jumlah belitan kawat

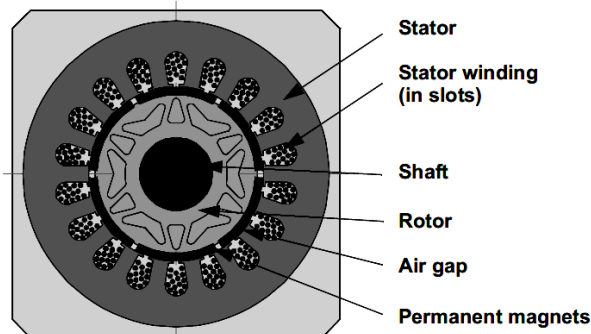


Gambar 2. Model Kerja Motor DC

Brushless DC motor

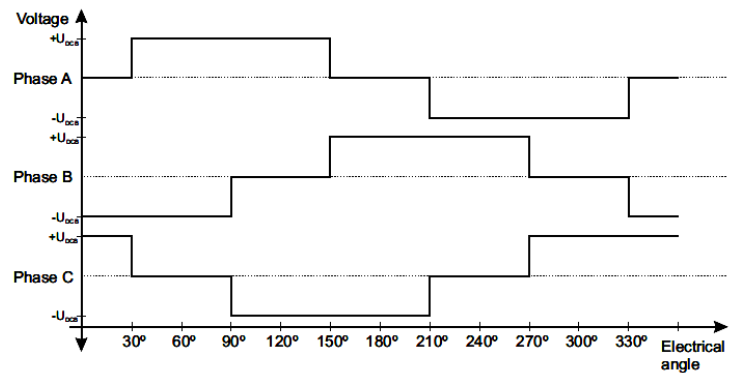
Brushless DC (BLDC) motor adalah sebuah mesin listrik berputar, dimana stator merupakan belitan stator tiga fasa seperti motor induksi, dan rotor terdapat magnet permanen dipermukaannya seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Dalam hal ini, motor BLDC setara dengan motor DC dengan komutator terbalik, di mana magnet berputar sedangkan konduktor tetap diam. Dalam komutator motor DC, polaritas ini diubah oleh komutator dan sikat. Namun, dalam brushless motor DC, pembalikan polaritas dilakukan oleh transistor *switching* untuk mensinkronkan dengan posisi rotor. Oleh karena itu, BLDC motor sering menggabungkan baik posisi sensor internal atau eksternal untuk merasakan posisi rotor yang sebenarnya, atau posisi dapat dideteksi tanpa sensor (*Leonard N. Elevation, 2005*).

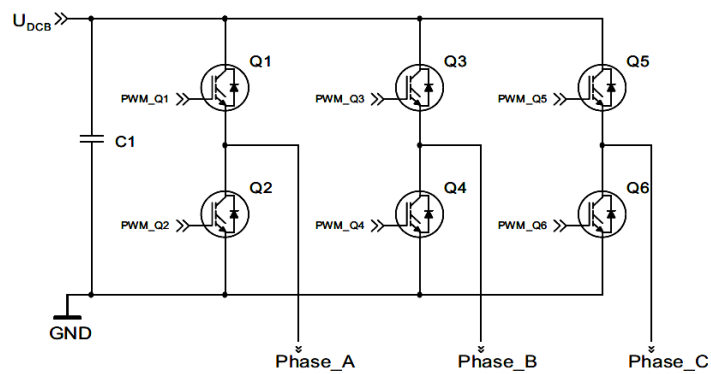


Gambar 3 Motor BLDC

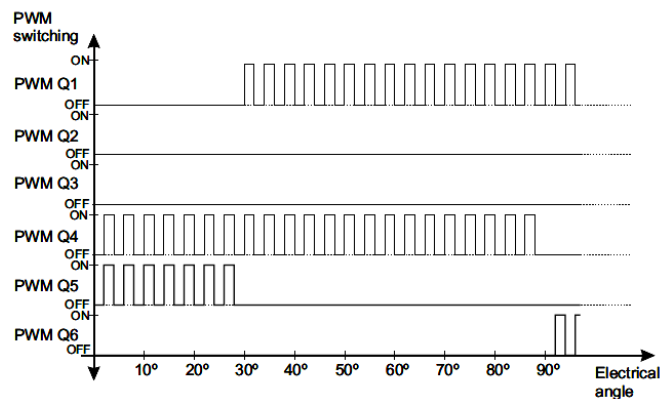
Kontrol digital motor BLDC



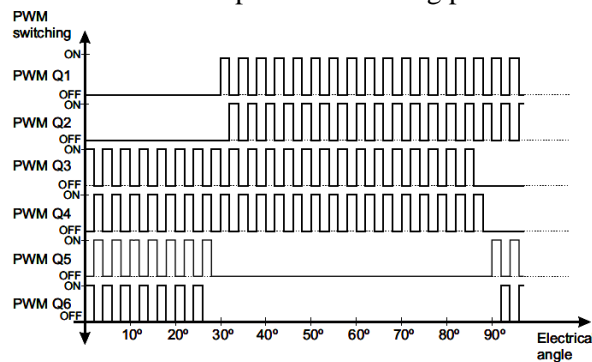
Gambar 4. Tegangan langkah Untuk 3-ph BLDC motor



Gambar 5. Daya tiga fasa motor BLDC



Gambar 6. Jenis independen switching power transistor



Gambar 7. Jenis komplemen switching power transistor

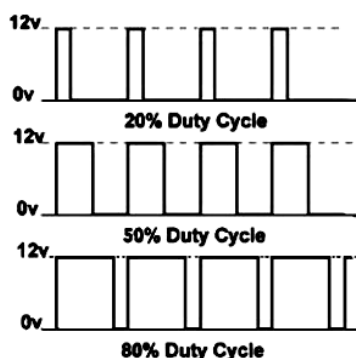
PWM (Pulse Width Modulation)

PWM merupakan suatu teknik yang dipakai untuk mengatur kerja peralatan yang memerlukan arus *pull in* yang besar dan untuk menghindari disipasi daya yang berlebihan dari peralatan yang akan dikontrol. PWM merupakan suatu metoda untuk mengatur kecepatan perputaran motor dengan cara mengatur prosentase lebar pulsa waktu tinggi (*high*) terhadap perioda dari suatu sinyal persegi dalam bentuk tegangan periodik yang diberikan ke motor sebagai sumber daya. Semakin besar perbandingan waktu tinggi dengan perioda sinyal maka semakin cepat motor berputar.

Sinyal PWM dapat dibangun dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Misalkan PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi 2 pangkat 8 = 256, maksudnya nilai keluaran PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili daur tugas (*duty cycle*) 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.

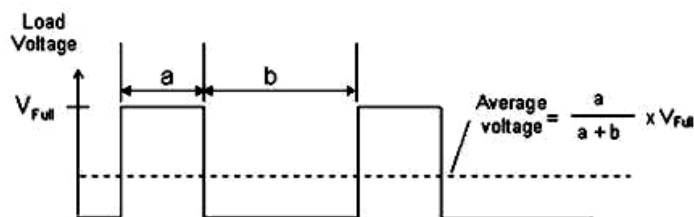
Perhitungan daur tugas (*duty cycle*) PWM

Dengan cara mengatur lebar pulsa “on” dan “off” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi output dari suatu PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan.



Gambar 8 Pulsa PWM dengan *duty cycle*

Perhitungan Pengontrolan tegangan output motor dengan metode PWM cukup sederhana.



Gambar 9. Pulsa PWM

Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan output yang dihasilkan. Sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan pada gambar.

$$\text{Average Voltage} = \frac{a}{a + b} \times V_{full} \dots\dots\dots(2)$$

Average voltage merupakan tegangan output pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM. *a* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “on”. *b* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “off”. *V full* adalah tegangan *maximum* pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan output sesuai dengan sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan (Seno Ajie Nugroho, 2011).

METODOLOGI

Mobil Listrik Yang dirancang mempunyai Spesifikasi:

Kapasitas penumpang	: 1 orang
berat maksimum pengemudi (kg)	: 70
kecepatan maksimum (km/j)	: 80
ukuran (L x P)	: 140 cm X 200 Cm
berat mobil	: 100 Kg
kerangka	: baja hollow
Kontroller	: 2 x 500 W/48 V (Trekko)
kursi kemudi	: sfon
lantai	: baja hollow+plat
setir (sistim kemudi)	: Mekanik
Battery	: 12 volt 32 AH (4 buah)=48 volt/128 AH=48 volt/128 AJam
Motor	: 2 x 500W/48 V=1000 watt/48 V
roda	: diameter 14 inchi (Ring 14)
jenis rem+sistim rem	: Tromol
Suspensi	: Single

Proses Pengambilan data :

Pada proses pengambilan data mula-mula dilakukan dengan melakukan uji kecepatan menempuh jarak 750 m (Kualifikasi) dengan catatan waktu 2,37 menit.62 detik. Selanjutnya setelah mendapatkan posisi dilakukan dengan pengujian 10 kali putaran menempuh jarak 7,5 km dengan waktu 12 menit36.18 detik .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil uji kecepatan

No	Mobil	Kualifikasi	lap	Time
1	PML 2	2.37.62	10	12.36.18
2	Bogi Power	2.55.72	10	12.46.17
3	Titen GX3	2.46.62	10	12.49.42
4	All New Rex	2.49.09	10	14.02.19
5	Blue Warrior	3.00.69	10	14.13.31
6	Speeder II Rev	2.40.59	10	14.16.09
7	Denkiaka	2.52.47	10	14.59.57
8	BM3CH	2.45.28	10	15.20.41
9	UNY EVO	2.38.44	10	18.09.59
10	EVRT 21	3.21.84	3	DNF
11	Graziolli	4.25.57	1	DNF

Tabel 2. Hasil Penilaian

REKAPITULASI HASIL PENILAIAN KESELURUHAN
KMLI - 2011

No.	Nama Team	KATEGORI					Nilai
		1	2	3	4	5	
1	PML-2	28,1	0,0	0,0	100,00	62,71	46,16

Bandung, 23 Oktober 2011
Juri KLMI 2011

Kategori	
1 Tanjakan	15%
2 Percepatan	15%
3 Pengereman	15%
4 Kecepatan	20%
5 Efisiensi	35%



Drs, Ali Mashar, M.Eng.Sc.

Analisa perhitungan:

Kecepatan maksimum = $7,5 \text{ km}/12,37 \text{ menit} \times 60 \text{ menit/jam} = 36,4 \text{ km/jam}$
 Energy listrik yang diperlukan = $1000 \text{ W} \times (12,37 \text{ menit}/60 \text{ menit}) \times 1 \text{ jam} = 206,17 \text{ WJam}$.
 Energi yang tersedia pada battery = $48 \text{ W} \times 20,83 \text{ A} \times 6,14 \text{ Jam} = 6139,0176 \text{ W Jam}$
 Arus yang diperlukan motor = $1000 \text{ W}/48 \text{ V} = 20,83 \text{ Amper}$
 Waktu yang dapat ditempuh = $128 \text{ AJam}/20,83 \text{ A} = 6,14 \text{ Jam}$
 Jarak tempuh = $5 \text{ jam}/(12,37 \text{ menit}/60 \text{ menit}) \times 7,5 \text{ km} = 181 \text{ km}$ (catatan lomba)
 Dari hasil perhitungan Jarak yang dapat ditempuh: dengan kecepatan konstan 36,4 km/jam, pada jarak 7,5 km dengan energy listrik yang diperlukan 206,17 WJam, sehingga untuk energy yang tersedia 6139,0176 W Jam. Jarak yang dapat ditempuh = $(6139,0176 \text{ W Jam}/206,17 \text{ WJam}) \times 7,5 \text{ km} = 223,32 \text{ km}$.
 Sehingga jarak yang bisa ditempuh berbanding lurus dengan kapasitas battery

KESIMPULAN

1. Jarak yang dapat ditempuh mobil listrik tergantung dari besarnya kapasitas battery, berdasar perhitungan dengan menggunakan battery 48 V/128 A-jam mampu menempuh jarak 223,32 km.
2. Kecepatan rata-rata dari mobil listrik 36,4 km/jam saat dilakukan lomba.
3. Mobil yang kami beri nama PML-2 dirancang dengan menggunakan dua buah motor DC untuk mempercepat laju mobil, selain itu aerodinamis mobil stabil.
4. Untuk menempuh jarak 7,5 km diperlukan energy listrik sebesar 206,17 WJam, sehingga memperoleh urutan ke tiga kategori efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Leonard N. Elevich, 2005, *3-Phase BLDC Motor Control with Hall Sensors Using 56800/E Digital Signal Controllers*, 20 Mei 2012, <http://cache.freescale.com/files/product/doc/AN1916.pdf>
 Seno Ajie Nugroho, 2011, *PWM (Pulse Width Modulation)*, 20 Mei 2012, http://digilib.itelkom.ac.id/index.php?option=com_content&view=article&id=820:pwm-pulse-width-modulation&catid=15:pemrosesan-sinyal&Itemid=14
<http://goldenmotor.com/>
 -----, 2011, 07 July 2011, <http://kmli.polban.ac.id/panduan-lomba.html>