

## ANALISIS PENGARUH *DUTYCYCLE* DAN FREKUENSI TERHADAP KECEPATAN MOTOR LISTRIK

**Wisnu sonjaya Suhendar, Engkos Koswara**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Majalengka Jl. Raya K H Abdul Halim No.103,  
Majalengka Kulon, Kec. Majalengka, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat 45418  
e-mail:wisnusonjaya24@gmail.com

### ABSTRAK

Perkembangan di bidang teknologi yang semakin maju membuat kebutuhan akan motor listrik yang memiliki kecepatan putaran, torsi dan efisiensi yang tinggi, serta biaya perawatan yang rendah menjadi semakin di butuhkan, Motor listrik yang di gunakan dalam laporan ini adalah motor BLDC dengan *nominal voltage* 320 VDC, *peak power* 147, *max speed* 5000 rpm dan jumlah *pole* adalah 6 yang di kendalikan dengan metode *six step*. Pengaturan kecepatan motor dapat dilakukan dengan mengubah besar *duty cycle*. Dalam laporan ini menggunakan variasi *duty cycle* 25%, 50%, 75%, dan 100% hasil analisis menunjukkan kecepatan motor yang dihasilkan dengan kecepatan putar tertinggi adalah 5000 rpm dengan *duty cycle* 100% dan frekuensi 250 Hz dan kecepatan terendah adalah 1260 rpm dengan *duty cycle* 25% dan frekuensi 62,5 Hz jadi semakin tinggi *duty cycle* dan frekuensi maka semakin tinggi juga kecepatan putar motor BLDC yang di hasilkan.

**Kata kunci :** *duty cycle*, frekuensi, BLDC motor, *sixstep*

### ABSTRACT

*Developments in the increasingly advanced technology make the need for electric motors that have rotational speed, torque and high efficiency, as well as low maintenance costs become increasingly needed, the electric motor used in this report is a BLDC motor with a nominal voltage of 320 VDC, peak power 147, max speed 5000 rpm and the number of pole is 6 which is controlled by the six step method, motor speed regulation can be done by changing the duty cycle size. In this report using 25%, 50%, 75%, and 100% duty cycle variations, the results of the analysis show the motor speed produced with the highest rotational speed is 5000 rpm with a duty cycle of 100% and a frequency of 250 Hz and the lowest speed is 1260 rpm with duty cycle 25% and frequency 62.5 Hz so the higher the duty cycle and frequency, the higher the rotational speed of the BLDC motor produced.*

**Keywords:** *duty cycle*, frequency, BLDC motor, *sixstep*

## PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang teknologi yang semakin maju membuat kebutuhan akan motor listrik yang memiliki kecepatan putaran, torsi dan efisiensi yang tinggi, serta biaya perawatan yang rendah menjadi semakin dibutuhkan.

Pada saat ini motor listrik yang sering banyak digunakan adalah motor DC dan motor induksi(AC) yang masih belum dapat memenuhi kebutuhan akan hal itu. Untuk memenuhi hal tersebut motor yang paling cocok digunakan adalah motor DC tanpa sikat atau yang biasa disebut dengan brushless DC (BLDC).

Motor BLDC sendiri memiliki torsi, kecepatan dan efisiensi yang tinggi serta biaya perawatannya yang rendah, yang menjadi masalahnya adalah biaya pembuatan motor BLDCnya sendiri serta sumber daya yang digunakan berupa baterai lithium ion (LIFE PO4) yang masih impor dari negara lain dan biayanya yang mahal.

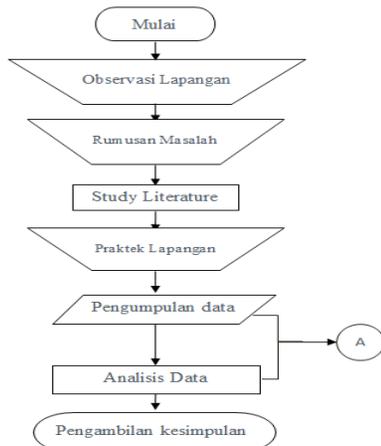
Untuk konstruksinya motor brushless DC terdiri dari stator yang terbuat dari kumparan dan rotor terbuat dari magnet permanen. Dimana stator menghasilkan medan magnet untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor

dapat berputar. Sumber tegangan utama motor BLDC adalah tegangan DC,

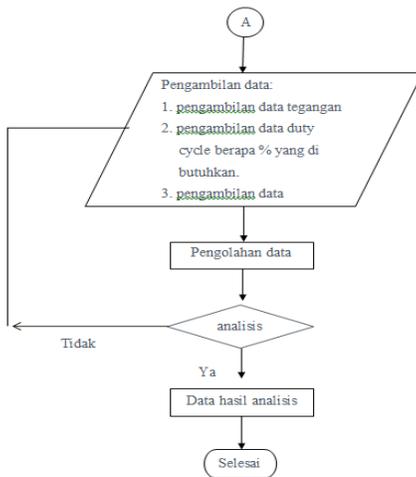
Motor BLDC memiliki gelombang masukan *trapezoid*. Agar motor BLDC dapat bekerja, diperlukan adanya medan putar magnet stator maka dibutuhkanlah inverter. Dalam pengendalian inverter motor BLDC ada dua metode yang digunakan yakni dengan menggunakan metode six-step dan metode PWM sinusoidal. Motor listrik yang digunakan dalam laporan ini adalah motor BLDC dengan *nominal voltage* 320 VDC, *peak power* 147, *max speed* 5000 rpm dan jumlah *pole* adalah 6 yang dikendalikan dengan metode *six step*

Metode *six-step* merupakan metode yang sering digunakan dalam pengendalian motor BLDC. Hal ini terjadi karena metode ini mudah diimplementasikan. Gelombang yang dihasilkan dari metode ini berbentuk *square* atau *trapezoid*. Pengaturan kecepatan motor dapat dilakukan dengan mengubah besar *duty cycle*. Dimana *duty cycle* yang berubah ini menentukan jumlah frekuensi yang dihasilkan untuk masukan motor listrik, semakin tinggi *duty cycle* dan frekuensi maka semakin tinggi juga kecepatan putar motor BLDC yang dihasilkan

**METODE PELAKSANAAN**



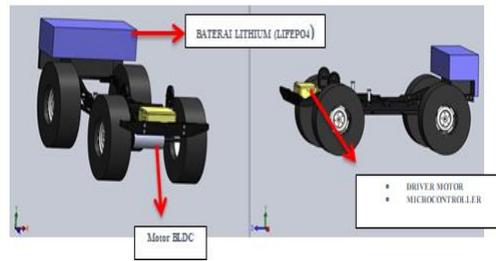
Gambar 1 Flow chart penelitian



Gambar .2 Flow Chart Proses pengambilan dan Analisis Data

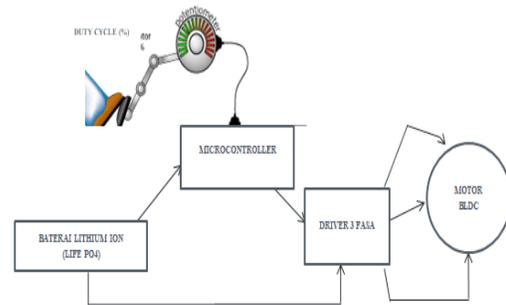
**PEMBAHASAN**

Penempatan komponen-komponen yang di gunakan untuk menggerakkan motor listrik, untuk daya yang di gunakan berupa baterai lithium ion 100 buah yang di susun secara seri dan di masukan ke dalam box yang ditempatkan dibagian belakang mobil listrik.



Gambar 3 penempatan komponen di mobil listrik

Untuk *controllernya* sendiri di bagian depan dekat dengan dengan motor BLDC dalam *controller* terdiri dari 2 komponen yaitu *microcontroller* dan driver 3 fasa. Untuk motor BLDC tersebut di tempatkan dibagian bawah sebagai penggerak roda mobil listrik.



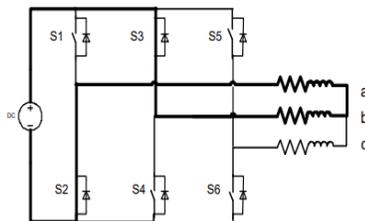
Gambar 4 Diagram blok pengendali kecepatan motor BLDC

Pada diagram blok di atas di tunjukan pengendalian kecepatan motor listrik dimana baterai yang di gunakannya berupa baterai lithium ion yang digunakan untuk masukan mikrokontroler dan *driver 3 fasa*. Pada mikrokontroler sendiri menghasilkan gelombang sinyal PWM yang memiliki frekuensi tertentu tergantung berapa % jumlah *duty cyclenya*, semakin tinggi *duty cyclenya* maka semakin tinggi frekuensi yang di

hasilkan, untuk mengatur besarnya *duty cycle* di gunakan potensiometer, frekuensi hasil dari perubahan *duty cycle* nantinya akan digunakan untung *switching driver 3 fasa* menggunakan metode *six step*. Dengan metode *six step* ini yang nantinya akan menghasilkan gelombang *trapezoid* yang di gunakan untuk memutar motor BLDC.

Pada rangkaian driver 3 fasa di gunakan metode *Six-Step*, metode *Six-Step* merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam pengendalian motor BLDC. Hal ini terjadi karena metode ini sangat sederhana sehingga mudah di terapkan. Tetapi metode ini memiliki kekurangan di mana arus RMS yang tinggi. Ini terjadi karena PWM yang digunakan merupakan PWM square dengan frekuensi tertentu yang menyebabkan terbentuknya gelombang AC yang bebentuk trapezoid.. gelombang *trapezoid* terbentuk menggunakan 3 buah algoritma *six-step* yang masing – masing berbeda antara satu algoritma dengan algoritma lainnya.

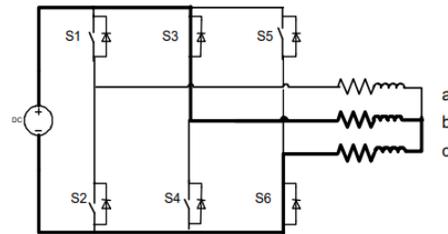
Langkah-langkah metode *sixstep* untuk mengerjakan motor listrik adalah sebagai berikut:



Gambar 5 step 1 b-a (S3 terhubung) dan (S2 terhubung)

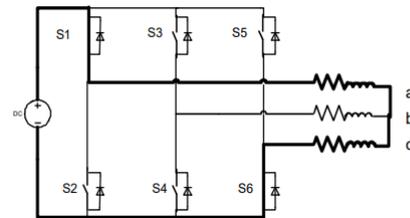
- Langkah1 : dimana Kumparan A diberi tegangan (-), Kumparan B diberi tegangan

(+), dan Kumparan C tidak diberi tegangan. Atau netral



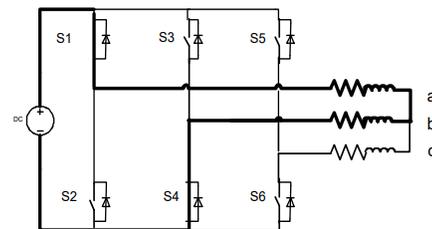
Gambar 6 step 2 b-c (S3 terhubung) dan (S6 terhubung)

- Langkah2 :Kumparan A tidak diberi tegangan, Kumparan B diberi tegangan (+), dan Kumparan C diberi tegangan (-).



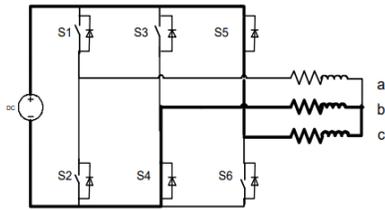
Gambar 7 step 3 a-c (S1 terhubung dan (S6 terhubung)

- Langkah3 :Kumparan A diberi tegangan (+), Kumparan B tidak diberi tegangan dan Kumparan C diberi tegangan(-).



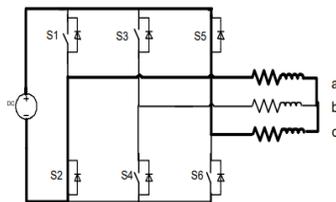
Gambar 8 step 4 a-b (S1 terhubung) dan (S4 terhubung)

- Langkah4 :Kumparan A diberi tegangan (+), Kumparan B diberi tegangan (-) dan Kumparan C tidak diberi tegangan.



Gambar 9 step 5 c-b (S5 terhubung) dan (S4 terhubung)

- Langkah5 :Kumparan A tidak diberi tegangan, Kumparan B diberi tegangan (-) dan Kumparan C diberi tegangan (+).



Gambar 10 step 6 c-a (S5 terhubung) dan (S2 terhubung)

- Langkah6 :Kumparan A diberi tegangan (-), Kumparan B tidak diberi tegangan,dan Kumparan C diberi tegangan(+).

Untuk pengendalian motor BLDC harus menggunakan sinyal dari sensor hall yang berbentuk *trapezoid*. Sinyal dari sensor hall tersebut harus terbagi menjadi 6 kombinasi keluaran PWM, sinyalb PWM inilah yang menjadi input pada rangkaian tiga fasa. Sinyal PWM tersebut merupakan sinyal yang dapat mengendalikan tiga keluaran yang terdapat pada driver motor tiga fasa dan masuk ke dalam motor.

Tabel 1 Komutasi motor berputar searah jarum jam dengan metode *six step*

| LANGKAH (STEP) | Va | Vb | Vc | S6 | S5 | S4 | S3 | S2 | S1 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1              | -  | +  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 2              | 0  | +  | -  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 3              | +  | 0  | -  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 4              | +  | -  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 5              | 0  | -  | +  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 6              | -  | 0  | +  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |

Dari hasil komutasi *six step* maka terciptalah gelombang *trapezoid* yang di gunakan untuk masukan motor BLDC pada setiap fasanya



Gambar 11 gelombang hasil komutasi six step



Gambar 12 motor BLDC

Motor listrik yang di gunakan adalah *motor brushless direct current* atau (BLDC) dengan tegangan 320 V,dengan frekuensi 250 hz dengan jumlah pole 6 dan kecepatan maksimal adalah 5000 rpm dengan daya 147 hp (horse power).

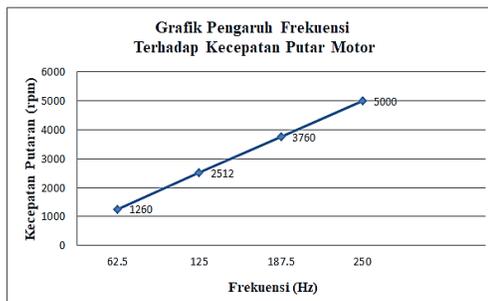
Tabel 2 Spesifikasi yang di gunakan

|                 |                                         |
|-----------------|-----------------------------------------|
| Motor type      | : Brushless direct current motor (BLDC) |
| Nominal voltage | : 320 VDC                               |
| Peak power      | : 147 HP                                |
| Max speed       | : 5000 rpm                              |
| Jumlah pole     | : 6 pole                                |
| Max frekuensi   | : 250 Hz                                |
| Battery pack    | : Lithium battery (life PO4)            |

Tabel 3 perhitungan pengaruh duty cycle dan frekuensi terhadap kecepatan putar

| Duty cycle PWM (%) | Tegangan motor (V) | Frekuensi motor (Hz) | Torsi motor (Nm) | Kecepatan motor (rpm) |
|--------------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| 25                 | 320                | 62,5                 | 830,44           | 1260                  |
| 50                 | 320                | 125                  | 416,55           | 2512                  |
| 75                 | 320                | 187.5                | 339,29           | 3760                  |
| 100                | 320                | 250                  | 209,27           | 5000                  |

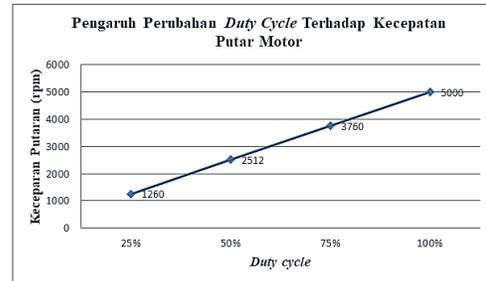
Untuk mengatahui lebih jelas bagaimana pengaruh duty cycle dan frekuensi terhadap kecepatan putar motor maka di buatlah grafik tersebut



Gambar 13 Grafik pengaruh Frekuensi (Hz) terhadap Kecepatan putar (rpm )

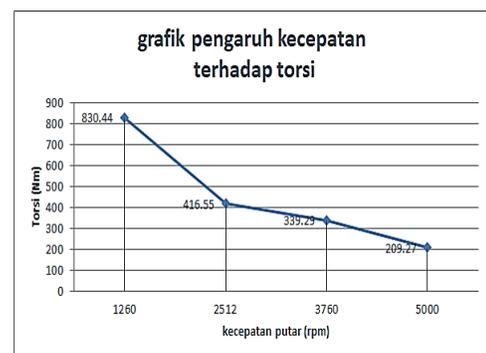
Dalam 4 kali perhitungan kecepatan tertinggi yang dapat di hasilkan ialah 5000 rpm dengan nilai frekuensi 250 Hz dan kecepatan terendah ialah 1260 rpm dengan nilai frekuensi 62,5 Hz. Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa perubahan frekuensi berbanding lurus

dengan kecepatan putaran motor listrik. Pada gambar 13 terlihat grafik kecepatan naik dengan frekuensi yang bertambah.



Gambar 14 Grafik pengaruh *dutycycle* (%) terhadap Kecepatan (rpm )

Dalam 4 kali perhitungan kecepatan tertinggi yang dapat di hasilkan ialah 5000 rpm dengan nilai *duty cycle* 100% dan kecepatan terendah ialah 1260 rpm dengan nilai *duty cycle* 25%.Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa perubahan frekuensi berbanding lurus dengan kecepatan putaran motor.Pada gambar 14 terlihat grafik kecepatan naik dengan frekuensi yang bertambah.



Gambar 15 grafik pengaruh kecepatan (rpm) terhadap torsi(Nm)

Dengan torsi tertinggi ialah 830.44 Nm ketika motor bergerak dengan kecepatan 1260 rpm dan terendah ialah 209,27 Nm ketika motor bergerak dengan kecepatan 5000 rpm dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa perubahan kecepatan motor berbanding terbalik dengan torsi Pada gambar 15 terlihat torsi turun ketika kecepatan bertambah

### **Kesimpulan**

Dari hasil analisis pengaruh *duty cycle* dan frekuensi motor terhadap kecepatan motor BLDC di dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis di dapatkan perubahan *Duty cycle* dapat mempengaruhi kecepatan motor BLDC ,dapat di simpulkan semakin tinggi nilai *dutycycle* maka semakin tinggi pula kecepatan putar yang di hasilkan.
2. Dari hasil analisis di dapatkan perubahan frekuensidapat mempengaruhi kecepatan motor BLDC ,dapat di simpulkan semakin tinggi nilai frekuensi maka semakin tinggi pulakecepatan putar yang di hasilkan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Pudji Irasari, 2012, Rancang Bangun Motor Magnet Permanen Untuk Aplikasi Mobil Listrik/Hibrid, *Laporan Akhir Tahun 2012 Kegiatan Kompetitif Lipi*, Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik Lipi, Bandung.
- [2] Pudji Irasari, 2013, Rancang Bangun Motor Magnet Permanen Untuk Aplikasi Mobil Listrik/Hibrid, *Laporan Akhir Tahun 2013 Kegiatan Kompetitif Lipi*, Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik Lipi, Bandung.
- [3] Abe Dharmawan. 2009, Pengendalian Motor Brushless Dc Dengan Metode Pwm Sinusoidal Menggunakan Atmega16, *Skripsi*, Fakultas Teknik Departemen Teknik Elektro, Program Sarjana, Universitas Indonesia, Depok.
- [4] Rudito prayoga. 2012, (Pulse Widhat Modulation) dengan PLC, *Skripsi*, Fakultas Teknik Departemen Teknik Otomasi, Program Sarjana, Universitas Brawijaya, Malang.
- [5] Ali Mahfudz. 2017, Simulasi Kontrol Kecepatan Motor Dc Tanpa Sikat Menggunakan PWMSinus Dan Kotak, *Skripsi*, Fakultas Teknik Jurusan Teknik elektro, Program Sarjana, Universitas Muhammadiyah, Malang.
- [6] Rangga Jaya Andika. 2018 Angga Rusdinar. Agung Surya Wibowo, Perancangan Dan Implementasi Driver Motor Tiga Fasa Untuk Pengendali Kecepatan Motor BLDC Berbasis PWM Pada Mobil Listrik., Fakultas Teknik, Fakultas Industri, Kreatif Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung.

- [7] Rizki Putra Azali, 2016 Investigasi Pengaruh Perubahan Parameter Inverter-Driver Terhadap Performa Kecepatan Motor Brushless DC (BLDC), *tesis*, PROGRAM Diploma Universitas Andalas, Padang.
- [8] Rudito Prayogo, 2012, PENGATURAN PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC, *Makalah*, Teknik Otomasi Universitas Brawijaya, Malang.
- [9] Aldino Jami Purnomo. Iwa Garniwa. 2016, Sistem Pengendalian Motor BLDC Menggunakan Metode Six Step Comutation Dengan PWM Untuk Aplikasi Kendaraan Sadar Lingkungan (KARLING), *Skripsi*, Fakultas Teknik Departemen Teknik Elektro, Program Sarjana, Universitas Indonesia, Depok.
- [10] Gali Ganatama. 2014, Kendali kecepatan brushless direct current Motor menggunakan Back-Emf Zero Crossing dengan Metode Six Step Commutation, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Program Sarjana, Universitas Jember, Jember.
- [11] Danu Akbar. Slamet Riyadi 2018 Pengaturan Kecepatan Pada Moto *Brushless* DC (BLDC) Menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*), Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO), Bandung.
- [12] Albarri, T. (2013), Artikel *Baterai Lithium-Ion*. Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Bandung.