

Analisa Performansi Sistem Pengendali Kecepatan Motor BLDC Menggunakan Logika Fuzzy MATLAB

I Kadek Putra Arya Utama, I Wayan Widhiada, I Made Widiyarta

Program studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Brushless DC motor adalah salah satu jenis motor sinkron yang diberi arus DC yang bersumber dari inverter atau power supply, dimana menghasilkan arus AC yang dapat menggerakkan motor. Pada dasarnya kecepatan motor dapat di atur menggunakan kontroler yang menghitung seberapa besar keluaran yang harus dihasilkan. Pada umumnya input dari kontroler berupa tuas (naik – turun atau putar) dan tombol untuk input awalnya. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengganti input yang mengatur kecepatan motor BLDC. Kontrol kecepatan motor BLDC berbasis logika fuzzy adalah suatu sistem kontrol yang mengganti input mainstream dari kontroler menjadi sensor beban, dan dimana pembacaannya akan dikontrol oleh logika fuzzy untuk mengatur kontrol kecepatan motor BLDC. Penelitian dilakukan dengan dua cara yaitu simulasi dan prototype dengan pemberian beban pada sensor yaitu 10 kg, 20 kg, 30 kg, 40 kg dan 50 kg sebagai inputnya. Hasil dari pengujian dan penghitungan yang didapat pada setiap pembebanan menghasilkan kecepatan yang stabil yaitu rata – rata 0.25 detik dengan kecepatan yang hampir setara dengan referensinya. Error pada kecepatan yang dihasilkan antara simulasi dan prototype sangat kecil yaitu kurang dari 1% pada masing – masing pebebanan.

Kata kunci: Kontrol kecepatan BLDC, logika fuzzy, sensor beban, Arduino

Abstract

Brushless DC motor is one type of synchronous motor that is given a DC current that is sourced from the inverter or power supply, which produces an AC current that can drive the motor. Basically the motor speed can be set using a controller that calculates the output that must be produced. In general, the input from the controller is like a handle (up – down or twist) and a button for initial input. Therefore doing research to change the input that regulates the speed of the BLDC motor. BLDC motor speed control based on fuzzy logic is a control who help load sensor to replace the mainstream input like handle, and where the reader will be directed by logic to determine the speed of the BLDC motor. The research was carried out in two technique, called simulation and prototype with the load on the sensor 10 kg, 20 kg, 30 kg, 40 kg and 50 kg as an inputs. The results of the tests and calculations obtained at each loading resulted in a stable speed which is an average of 0.25 seconds with a speed that is almost the same as the reference. The error in the speed produced between the simulation and prototype is very small, which is less than 1% in each load.

Keywords: BLDC speed controller, fuzzy logic, loadcell, arduino

1. Pendahuluan

Motor BLDC merupakan sejenis motor sinkron yang dialiri arus listrik melalui inverter, sehingga dapat membuat motor bergerak. BLDC motor memiliki dua kumparan energi dengan polaritas yang sama tetapi berlawanan pada saat yang bersamaan, satu kumparan mendorong menjauh dan satu kumparan menarik mendekat [1]. BLDC biasanya merupakan motor penggerak yang memberi beberapa keunggulan seperti efisiensi tinggi, pengoprasian yang tenang, keandalan tinggi, bentuk sederhana dan perawatan yang rendah [2]. Dengan menggunakan hall sensor atau BEMF (*Back – Electromotive Force*), dapat menentukan posisi atau kecepatan motor. Kontrol kecepatan pada motor menggunakan inverter umumnya memerlukan input untuk mengatur kecepatan pada motor. Input yang diberikan pada inverter harus diolah oleh mikrokontroler agar dapat dimengerti oleh inverter untuk memeberikan urutan tegangan yang sesuai pada motor BLDC [3].

Prinsip dasar kerja dari penelitian ini adalah menggerakkan motor BLDC dengan menggunakan sensor beban sebagai input yang akan diteruskan ke

Arduino. Data yang diterima melalui Arduino akan diolah menggunakan logika fuzzy yang terdapat pada MATLAB, kemudian data diteruskan menuju inverter agar dapat mengontrol kecepatan motor BLDC. Kecepatan pada motor akan bervariasi sesuai input yang diberikan, semakin berat beban yang dibaca oleh sensor maka semakin cepat putaran motor yang dihasilkan.

Sistem pengendalian fuzzy yang diimplementasikan untuk mengatur motor BLDC dapat memperbaiki kinerja kontrol PID konvensional. Metode defuzzifikasi yang mampu mengikuti setting kecepatan yang diberikan adalah COA (Center of Area) karena metode ini paling konsisten dan memiliki tinggi serta lebar total daerah fuzzy. Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy [1].

Dengan menggunakan kontrol logika fuzzy diharapkan mendapatkan hasil nilai error dari kecepatan sudut dan waktu pada saat kecepatan sudutnya stabil, sehingga mendapatkan hasil yang diinginkan.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana perbandingan error kecepatan yang dihasilkan oleh simulasi dan prototype tersebut
2. Bagaimana perbandingan antara waktu motor untuk merespon input pada simulasi dan prototype
3. Bagaimana perbandingan waktu yang dibutuhkan antara simulasi dan prototype untuk mencapai respon kecepatan yang steady

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

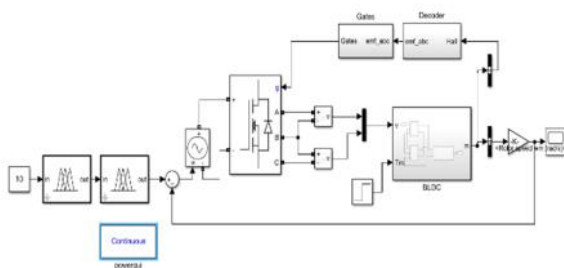
1. Simulasi berbasis MATLAB digunakan sebagai acuan data awal pembandingan.
2. Hasil data yang didapat dari prototype akan digunakan sebagai data pembandingan untuk data yang didapat dari simulasi simulasi.
3. Hasil perbandingan kecepatan yang didapat oleh simulasi dan prototype tidak memiliki error lebih dari 5%.
4. Hasil Overshot dari simulasi dan prototype tidak lebih dari 5%.
5. Kecepatan stabil (steady atau settling time) motor dari simulasi dan prototype kurang dari 10 detik.

2. Dasar Teori

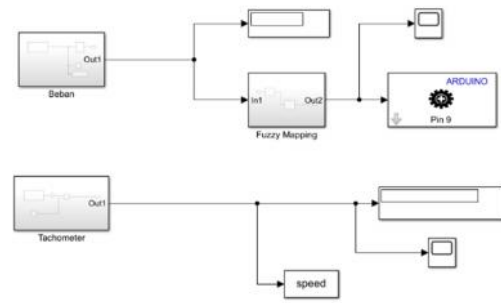
Penelitian yang akan dilakukan penulis adalah penelitian dengan menggunakan metode simulasi dan eksperimental. Penelitian ini dimulai dengan membuat simulasi rangkaian dengan menggunakan aplikasi MATLAB. Setelah simulasi yang dilakukan MATLAB dan mendapatkan hasil, kemudian penulis membuat atau merangkai sensor beban yang diperlakukan sebagai input, ADC untuk merubah sinyal pada sensor beban, BLDC sebagai target keluaran dan Arduino sebagai penghubung antara perangkat lunak dan perangkat keras, kemudian alat dirangkai seperti pada MATLAB. Setelah data – data dari penelitian simulasi dan eksperimental diperoleh, langkah selanjutnya penulis akan membandingkan hasil dari simulasi dan eksperimental. Kemudian dari perbandingan tersebut dapat ditarik kesimpulan mengenai kecepatan respon, kecepatan putaran dan error dari hasil yang di peroleh.

2.1 Pemodelan Motor BLDC

Pada penelitian ini memiliki dua pemodelan yaitu simulasi pada gambar 1 dan prototype pada gambar 2. Berikut adalah pemodelannya.



Gambar 1. Pemodelan Simulasi



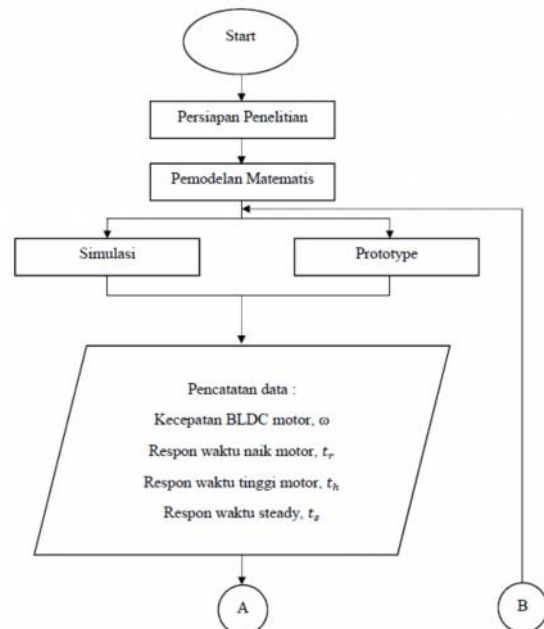
Gambar 2. Pemodelan Prototype

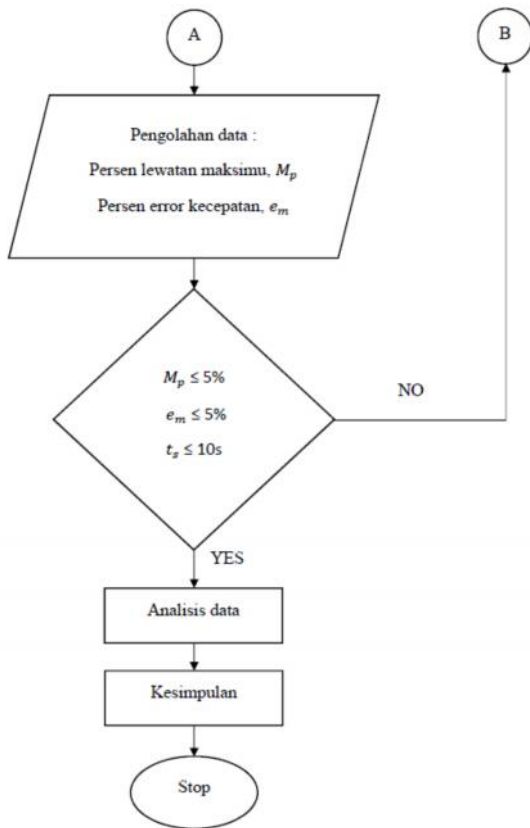
3. Metode Penelitian

Prosedur yang akan dilakukan selama pengujian dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan dengan mengambil data dari simulasi yang terdapat pada matlab.
2. Pengambilan data pertama pada beban 10 kg.
3. Pengambilan data ke dua sampai data ke lima BLDC dengan masing – masing beban yang diberikan yaitu 20 kg, 30 kg, 40 kg dan 50 kg.
4. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap parameter – parameter terukur, yaitu :
 - a. Kecepatan BLDC
 - b. Respon waktu naik motor
 - c. Respon waktu tinggi motor
 - d. Respon waktu steady

Data yang telah didapatkan dari hasil pengujian kemudian diolah sesuai dengan diagram alir pengolahan data hasil pengujian seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.



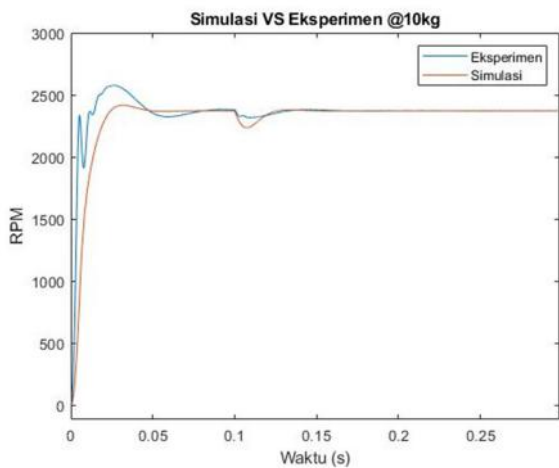


Gambar 3. Diagram Alir

4. Hasil dan Pembahasan

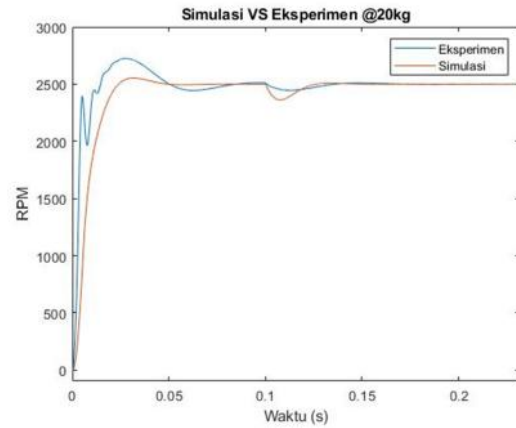
4.1. Gambar, Tabel dan Grafik

Grafik perbandingan kontrol kecepatan motor BLDC antara simulasi dan prototype (eksperimen) sebagai berikut :



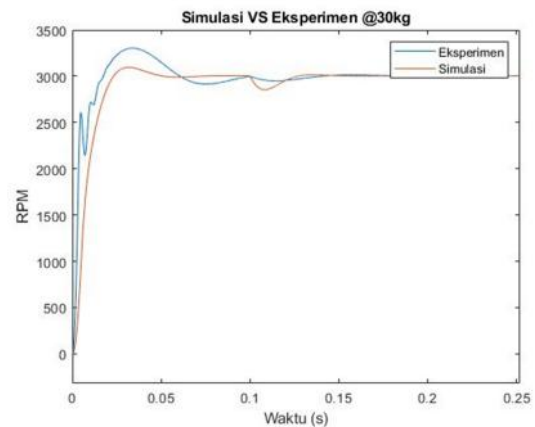
Gambar 4. Pembebanan 10 kg

Pada gambar 4 menunjukkan hasil perbandingan antara simulasi dan prototype pada pembebanan 10 kg



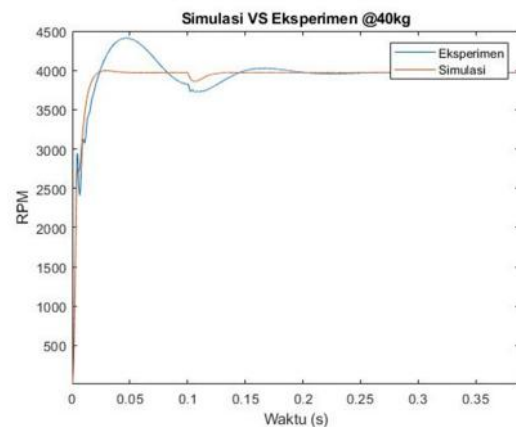
Gambar 5. Pembebanan 20 kg

Pada gambar 5 menunjukkan hasil perbandingan antara simulasi dan prototype pada pembebanan 20 kg



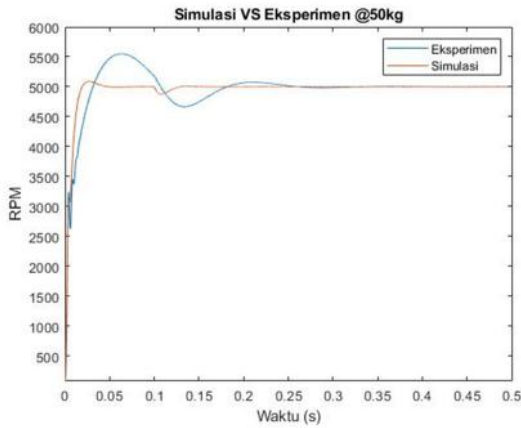
Gambar 6. Pembebanan 30 kg

Pada gambar 6 menunjukkan hasil perbandingan antara simulasi dan prototype pada pembebanan 30 kg



Gambar 7. Pembebanan 40 kg

Pada gambar 7 menunjukkan hasil perbandingan antara simulasi dan prototype pada pembebanan 40 kg



Gambar 8. Pembebanan 50 kg

Pada gambar 8 menunjukkan hasil perbandingan antara simulasi dan prototype pada pembebanan 50 kg. Berdasarkan data hasil penelitian yang berupa grafik perbandingan yang telah didapatkan seperti pada gambar 4, gambar 5, gambar 6, gambar 7 dan gambar 8, maka berdasarkan grafik tersebut dapat diubah menjadi 527 ontr hasil perbandingan untuk mendapatkan persen error pada overshoot dan error pada kecepatan antara simulasi sebagai referensi dan prototype atau eksperimen sebagai data pembanding hasil.

Tabel 1. Data yang didapat dari grafik 527ontrol kecepatan motor BLDC

Beban (kg)	Data	Simulasi	Eksperimen
10	$\frac{t_{s}}{t_p}$ (s)	0.023	0.026
	$\frac{\omega_p}{\omega_{pp}}$ (rpm)	2398	2577
	$\frac{\omega_{pp}}{\omega_p}$ (rpm)	0.135	0.139
	$\frac{t_s}{\omega_s}$ (s) m)	2371	2375
20	$\frac{t_{s}}{t_p}$ (s)	0.024	0.027
	$\frac{\omega_p}{\omega_{pp}}$ (rpm)	2587	2725
	$\frac{\omega_{pp}}{\omega_p}$ (rpm)	0.135	0.139
	$\frac{t_s}{\omega_s}$ (s) m)	2501	2489
30	$\frac{t_{s}}{t_p}$ (s)	0.034	0.039
	$\frac{\omega_p}{\omega_{pp}}$ (rpm)	3076	3304
	$\frac{\omega_{pp}}{\omega_p}$ (rpm)	0.13	0.139
	$\frac{t_s}{\omega_s}$ (s) m)	3000	3043
40	$\frac{t_{s}}{t_p}$ (s)	0.034	0.054
	$\frac{\omega_p}{\omega_{pp}}$ (rpm)	4031	4323

50	$\frac{t_{s}}{t_p}$ (s)	0.138	0.2
	$\frac{\omega_p}{\omega_{pp}}$ (rpm)	4000	4001
	$\frac{\omega_{pp}}{\omega_p}$ (rpm)	0.035	0.063
	$\frac{t_s}{\omega_s}$ (s) m)	5103	5552
	$\frac{\omega_{pp}}{\omega_p}$ (rpm)	0.139	0.252
	$\frac{t_s}{\omega_s}$ (s) m)	5003	4994

Berdasarkan hasil yang telah disusun dalam bentuk tabel 1, kemudian berdasarkan data tersebut dapat mengetahui nilai overshoot dan error hasil control kecepatan motor BLDC antara simulasi dan prototype. Pada tabel 2 menunjukkan hasil penghitungan berdasarkan data table 1:

Table 2. Data Hasil Penghitungan Kontrol Kecepatan

Beban (kg)	Data	Simulasi	Eksperimen
10	Overshoot (%) (Mp)	0.011388	0.085053
	Error (%)	6.468881092	
	Error (%)	0.1687052	
20	Overshoot (%) (Mp)	0.034386	0.094817
	Error (%)	1.757416353	
	Error (%)	0.4798081	
30	Overshoot (%) (Mp)	0.025333	0.085771
	Error (%)	2.385682412	
	Error (%)	1.4333333	
40	Overshoot (%) (Mp)	0.00775	0.08048
	Error (%)	9.384500649	
	Error (%)	0.025	
50	Overshoot (%) (Mp)	0.019988	0.111734
	Error (%)	4.590056067	
	Error (%)	0.1798921	

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil sistem control kecepatan motor BLDC yang membandingkan antara simulasi dan eksperimen ini yaitu :

1. Pada pembebanan 10 kg sampai 50 kg, kecepatan stabil yang didapat pada perbandingan simulasi dan eksperimen memiliki tingkat error kecepatan sudut yang kecil pada masing – masing pembebanan yaitu 0.16% pada pembebanan 10 kg, 0.47% pada pembebanan 20 kg, 1.43% pada pembebanan 30 kg, 0.025% pada pembebanan 40 kg dan 0.179% pada pembebanan 50 kg.
2. Untuk nilai error overshoot pada penelitian ini tidak mendapatkan hasil yang memuaskan dikarenakan nilai overshoot pada eksperimen memberikan nilai overshoot yang cukup tinggi pada setiap pembebanan. Pada pembebanan 10 kg mendapatkan nilai error 0.096, pada pembebanan 20 kg mendapatkan 0.129, pada pembebanan 30 kg mendapatkan 0.111, pada pembebanan 40 kg 0.088 sedangkan pada pembebanan 50 kg mendapatkan nilai 0.131.
3. Meskipun pada eksperimen mendapatkan nilai overshoot yang cukup tinggi dikarenakan pembebanan yang tiba – tiba, akan tetapi waktu steady yang diperlukan masing – masing pembebanan pada eksperimen yaitu dengan rata – rata 0.135 detik pada eksperimen dan dengan waktu yang berbeda pada eksperimen yaitu 0.139 detik pada 10 kg, 0.139 detik pada 20 kg, 0.139 detik pada 30 kg, 0.2 detik pada 40 kg dan 0.252 detik pada 50 kg.

Daftar Pustaka

- [1] Yulianta, A.D., Hadi, S.P., Suharyanto, 2015, *Pengendalian Kecepatan Motor Brushless DC (BLDC) menggunakan Metode Logika Fuzzy*, Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 12, No. 2, pp.248 – 254
- [2] Mohammed, O., A, 2014, *Study Control Systems for Brushless DC Motor*, TheUniversity of Toledo.
- [3] Miller, T. J. E., 1989, *Brushless Permanent Magnet and Reluctance Motor Drive*, larendon Press – Oxford.



I Kadek Putra Arya Utama
Menyelesaikan studi S1 program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana. Mulai pada tahun 2011, dan menyelesaikannya pada tahun 2019.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan sistem kontrol.