

# Pengaturan Kecepatan Motor *Brushless* DC dengan Arah Putaran *Forward* dan *Reverse* Berbasis *Human Machine Interface*

Winda Witri Wulandari<sup>1</sup>, Dwi Septiyanto<sup>2</sup>, Sofyan Muhammad Ilman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

<sup>1</sup>E-mail : [winda.witri.toi20@polban.ac.id](mailto:winda.witri.toi20@polban.ac.id)

<sup>2</sup>Email : [dwi.septiyanto@polban.ac.id](mailto:dwi.septiyanto@polban.ac.id)

<sup>3</sup>Email : [sofyan.muhammad@polban.ac.id](mailto:sofyan.muhammad@polban.ac.id)

## ABSTRAK

Motor *Brushless* DC merupakan salah satu jenis motor sinkron AC dengan jenis PMSM, tujuan yang ingin dicapai penulis adalah untuk mengatur kecepatan motor *Brushless* DC dengan arah putaran *forward* dan *reverse* yang diatur melalui *Human Machine Interface*. Kecepatan motor *Brushless* DC akan dideteksi oleh sensor *Hall Effect* pada motor *Brushless* DC, lalu sinyal dari sensor *Hall Effect* akan dikonversi menjadi RPM oleh mikrokontroler *Raspberry Pi*. Hasil yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan, yaitu pengaturan kecepatan motor *Brushless* DC dengan arah putaran *forward* dan *reverse* dapat diimplementasikan dengan *Human Machine Interface* sebagai antarmuka pengaturannya, di mana meski putaran motor *Brushless* DC dalam kondisi *forward* ataupun *reverse*, tidak terdapat kecepatan ataupun frekuensi yang mengalami perubahan sangat signifikan, perubahan yang terjadi merupakan *error* pada sistem ataupun alat ukur.

### Kata Kunci

*Motor Brushless DC, HMI, Sensor Hall Effect, Forward, Reverse*

*Brushless DC motor is one type of AC synchronous motor with PMSM type, the goal to be achieved is to regulate the speed of Brushless DC motor with forward and reverse rotation direction which is regulated through Human Machine Interface (HMI). The speed of Brushless DC motor will be detected by Hall Effect sensor on Brushless DC motor, then the signal from Hall Effect sensor will be converted into RPM by microcontroller Raspberry Pi. The results obtained from the tests that have been carried out, namely the regulation of Brushless DC motor speed with forward and reverse rotation direction can be implemented with Human Machine Interface (HMI) as its control interface, even though Brushless DC motor rotation is in forward or reverse rotation, there is no speed or frequency that changes significantly, the changes that occur are errors in the system or measuring instrument.*

### Keywords

*Brushless DC Motor, HMI, Hall Effect Sensor, Forward, Reverse*

## 1. PENDAHULUAN

Motor *Brushless* DC (BLDC) dapat disebut juga dengan *Electronic Commutated Motor*, yang termasuk ke dalam salah satu motor sinkron AC dengan jenis PMSM. Motor *Brushless* DC memiliki dua bagian utama, yaitu rotor dan stator. Stator merupakan bagian tetap, sedangkan rotor merupakan bagian yang berputar [1]-[2]. Motor *Brushless* DC memiliki permasalahan pada saat *starting* motor, hal ini dikarenakan motor *Brushless* DC memiliki arus *starting* yang sangat tinggi [3]-[4], lonjakan arus yang sangat tinggi pada proses *starting* motor dapat berdampak pada

konsumsi daya motor yang besar sehingga menyebabkan penggunaan listrik yang besar. Prinsip kerja dari motor *Brushless* DC adalah ketika kutub yang sama antara rotor dan stator yang merupakan magnet permanen, akan saling tolak-menolak secara terus-menerus, sehingga rotor akan berputar. Dalam membuat rotor berputar dalam keadaan konstan, polaritas kumparan tiap fasa diubah dengan besaran frekuensi yang konstan [5]. Dalam mendeteksi kecepatan (RPM) pada motor *Brushless* DC menggunakan sensor *Hall Effect*, di mana sensor *Hall Effect* menerapkan prinsip Gaya Lorentz,

gaya ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak dalam suatu medan magnet [6].

*Human Machine Interface* (HMI) merupakan sebuah media penghubung dan media komunikasi antara mesin dengan manusia [7]. Pada *Human Machine Interface* terdapat visualisasi berupa tombol, *slider*, dan lain sebagainya yang akan digungiskan dalam mengendalikan sistem. Konsep yang diterapkan pada HMI, yaitu dapat bekerja *online* dan *realtime* dengan membaca data yang dikirimkan melalui *Input/Output Port* dalam kinerja sistem mikrokontrolernya [8].

Inverter memiliki fungsi dalam mengatur kecepatan motor-motor listrik AC maupun DC. Inverter berdasar pada besaran sinyal frekuensi untuk mengatur kecepatan pada motor [9]-[10]. Maka dari itu, dalam motor *Brushless DC* membutuhkan inverter dalam pengaturan kecepatan pada motornya.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengaturan kecepatan motor *Brushless DC* dengan arah putaran *forward* dan *reverse* dengan berbasis *Human Machine Interface* (HMI), di mana pada penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh arah putaran motor *forward* dan *reverse* terhadap kecepatan dan frekuensi pada motor *Brushless DC*.

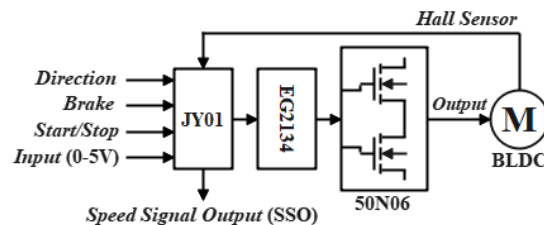
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Ruang Lingkup Penelitian

Penulis berfokus pada pengaturan kecepatan motor *Brushless DC* dengan arah putaran *forward* dan *reverse* berbasis *Human Machine Interface*, di mana penulis menggunakan mikrokontroler *Raspberry Pi* dengan menggunakan bahasa pemrograman *python*.

### 2.2 Blok Diagram *Three-phase Voltage Source Inverter*

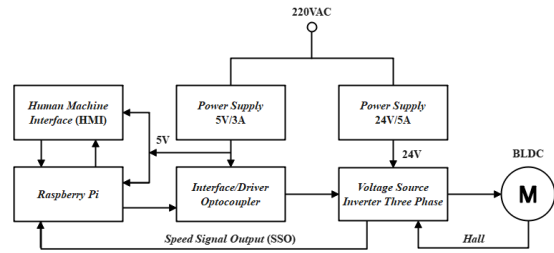
Berikut merupakan blok diagram dari *Three-phase Voltage Source Inverter*, tercantum pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram *Three-phase Voltage Source Inverter*

### 2.3 Blok Diagram Sistem

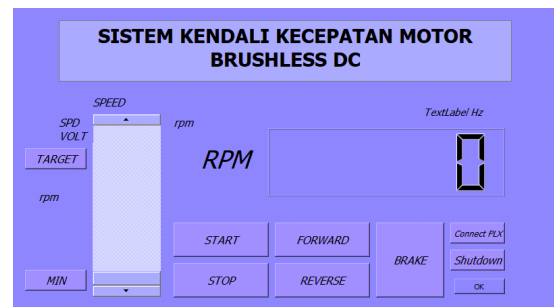
Berikut merupakan blok diagram keseluruhan sistem alat yang tercantum pada gambar 2.



Gambar 2. Deskripsi Kerja Sistem

### 2.4 Kerusakan *Bearing Outer Race Defect*

Berikut merupakan tampilan *Human Machine Interface* (HMI) yang tercantum pada gambar 3.

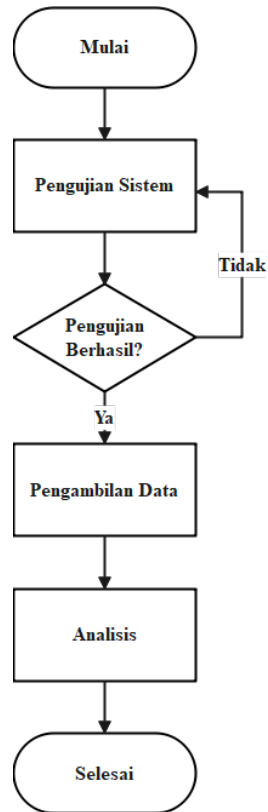


Gambar 3. Tampilan *Human Machine Interface*

Berdasarkan gambar 3, pada *Human Machine Interface* selain dapat me-monitoring kecepatan, terdapat *slider* untuk mengatur tegangan *input* pada motor *Brushless DC*, serta terdapat tombol-tombol yang berfungsi dalam mengendalikan fungsi pada motor *Brushless DC*, diantaranya *start-stop*, mengatur arah putaran motor (*forward/reverse*), dan *brake*.

### 2.5 Diagram Alir Pengujian Sistem

Berikut merupakan diagram alir dari proses analisis kinerja sistem yang tertera pada gambar 4, di mana penulis melakukan pengujian alat secara langsung.



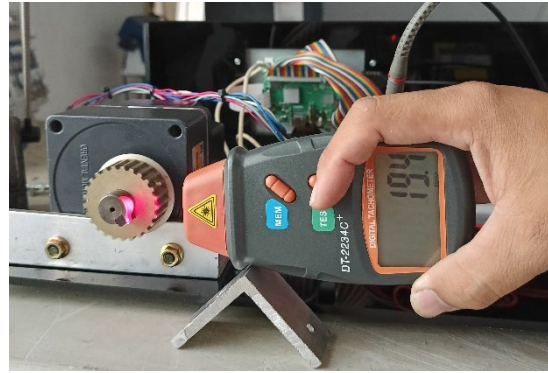
Gambar 4. Diagram Alir Analisis Kinerja Sistem

## 2.6 Pengujian Sistem

Pada pengujian tegangan menggunakan alat ukur *multimeter*, untuk pengujian kecepatan (RPM) menggunakan *tachometer*, dan untuk pengujian frekuensi menggunakan *oscilloscope*. Hal ini bertujuan dalam memastikan bahwa besaran parameter yang tertera pada HMI sesuai dengan yang sebenarnya, dengan demikian alat ukur dijadikan asumsi nilai aktual dan yang sebenarnya.



Gambar 5. Pengujian Sistem



Gambar 6. Pengujian Sistem pada Tachometer

Perlu diketahui bahwa kecepatan putaran pada motor *Brushless DC* dengan putaran pada *gearbox* memiliki rasio 1:15, sehingga kecepatan RPM yang tertera pada HMI dibagi dengan 15 untuk hasil kecepatan putar pada *gearbox*. Seperti gambar 5 dan gambar 6, kecepatan putaran motor yang tertera sebesar 292 RPM, sedangkan ketika mengukur pada putaran *gearbox* motor kecepatan putarannya 19.4 RPM ( $292 \div 15 = 19.4 \text{ RPM}$ ).

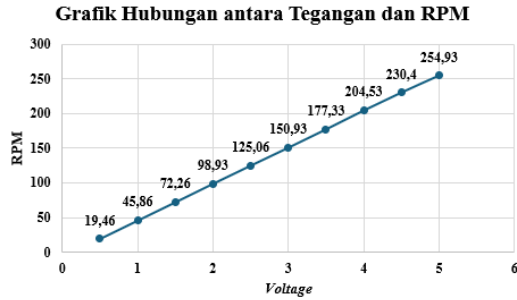
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Kecepatan Kondisi *Forward*

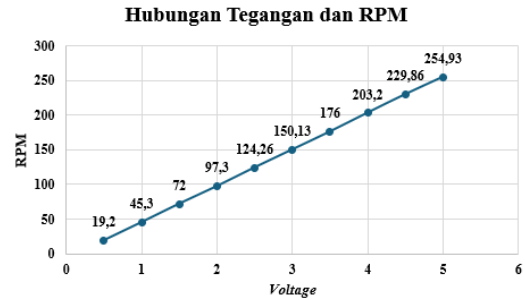
Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian pengaruh tegangan terhadap kecepatan pada kondisi putaran motor *forward*.

Tabel 1. Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Kecepatan Kondisi *Forward*

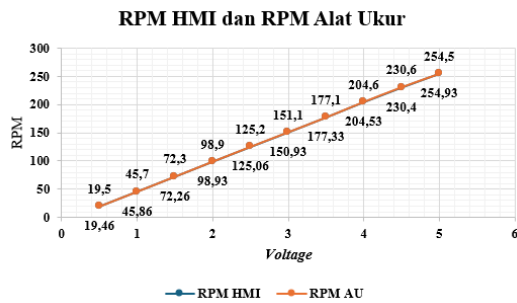
FORWARD						
No.	Human Machine Interface		Alat Ukur		Error Tegangan	Error Kecepatan
	Tegangan (V)	Kecepatan (RPM)	Tegangan (V)	Kecepatan (RPM)		
1	0.5	19.46	0.509	19.5	1.768%	0.205%
2	1.0	45.86	1.015	45.7	1.477%	0.350%
3	1.5	72.26	1.523	72.3	1.510%	0.055%
4	2.0	98.93	2.031	98.9	1.526%	0.030%
5	2.5	125.06	2.544	125.2	1.729%	0.111%
6	3.0	150.93	3.049	151.1	1.607%	0.112%
7	3.5	177.33	3.557	177.1	1.602%	0.129%
8	4.0	204.53	4.069	204.6	1.695%	0.034%
9	4.5	230.40	4.574	230.6	1.617%	0.086%
10	5.0	254.93	5.074	254.5	1.458%	0.168%
Rata-rata Error					1.598%	0.128%



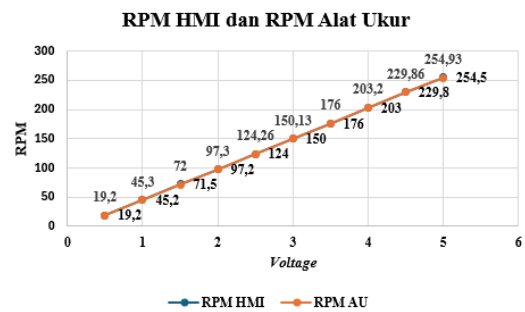
Gambar 7. Grafik Hubungan antara Tegangan dan Kecepatan (RPM) Kondisi *Forward*



Gambar 9. Grafik Hubungan antara Tegangan dan Kecepatan (RPM) Kondisi *Reverse*



Gambar 8. Grafik antara RPM HMI dan RPM Alat Ukur Kondisi *Forward*



Gambar 10. Grafik antara RPM HMI dan RPM Alat Ukur Kondisi *Reverse*

### 3.2 Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Kecepatan Kondisi *Reverse*

Berikut tabel hasil pengujian pengaruh tegangan terhadap kecepatan kondisi putaran motor *reverse*. Data pengujian pengaruh tegangan terhadap kecepatan *reverse* tercantum pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Kecepatan Kondisi *Reverse*

REVERSE						
No.	Human Machine Interface		Alat Ukur		Error	
	Tegangan (V)	Kecepatan (RPM)	Tegangan (V)	Kecepatan (RPM)	Tegangan	Kecepatan
1	0.5	19.20	0.508	19.20	1.574%	0%
2	1.0	45.30	1.015	45.20	1.477%	0.221%
3	1.5	72.00	1.524	71.50	1.574%	0.699%
4	2.0	97.30	2.033	97.20	1.623%	0.102%
5	2.5	124.26	2.543	124.0	1.690%	0.209%
6	3.0	150.13	3.049	150.0	1.607%	0.086%
7	3.5	176.00	3.558	176.0	1.630%	0%
8	4.0	203.20	4.067	203.0	1.647%	0.098%
9	4.5	229.86	4.578	229.8	1.703%	0.026%
10	5.0	254.93	5.074	254.5	1.458%	0.168%
Rata-rata Error					1.598%	0.157%

### 3.3 Analisis Pengaruh Tegangan terhadap Kecepatan

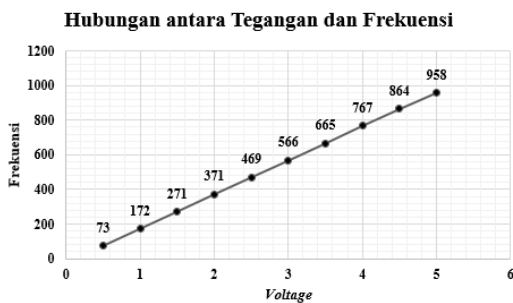
Berdasarkan hasil pengujian pengaruh tegangan terhadap kecepatan (RPM), dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan akan menghasilkan kecepatan (RPM) pada motor *Brushless* DC semakin tinggi, dan begitu pula sebaliknya. Dengan *error* tegangan yang dihasilkan pada putaran motor secara *forward* yaitu sebesar 1.598% dan pada putaran motor secara *reverse* yaitu sebesar 1.598%. Sedangkan untuk *error* kecepatan yang dihasilkan pada putaran motor secara *forward* yaitu sebesar 0.128% dan pada putaran motor secara *reverse* yaitu sebesar 0.157%. Sehingga, meskipun putaran motor dalam kondisi *forward* ataupun *reverse*, tegangan dan kecepatan pada motor *Brushless* DC tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan. Perubahan yang terjadi merupakan *error* pada sistem atau alat ukur.

### 3.4 Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Frekuensi Kondisi *Forward*

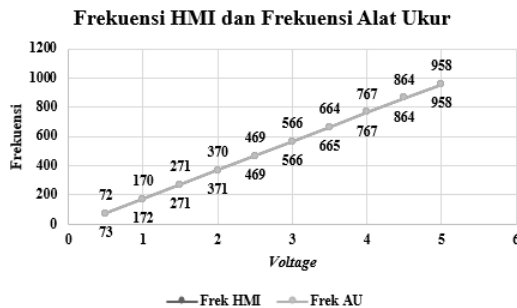
Berikut tabel hasil pengujian pengaruh tegangan terhadap frekuensi kondisi putaran motor *forward*.

Tabel 3. Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Frekuensi Kondisi Forward

FORWARD						
No.	Human Machine Interface		Alat Ukur		Error	
	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)	Tegangan	Frekuensi
1	0.5	73	0.509	72	1.768%	1.388%
2	1.0	172	1.015	170	1.477%	1.176%
3	1.5	271	1.523	271	1.510%	0.000%
4	2.0	371	2.031	370	1.526%	0.270%
5	2.5	469	2.544	469	1.729%	0.000%
6	3.0	566	3.049	566	1.607%	0.000%
7	3.5	665	3.557	664	1.602%	0.150%
8	4.0	767	4.069	767	1.695%	0.000%
9	4.5	864	4.574	864	1.617%	0.000%
10	5.0	958	5.074	958	1.458%	0.000%
Rata-rata Error					1.598%	0.298%



Gambar 11. Grafik Hubungan antara Tegangan dan Frekuensi Kondisi Forward



Gambar 12. Grafik antara Frekuensi HMI dan Frekuensi Alat Ukur Kondisi Forward

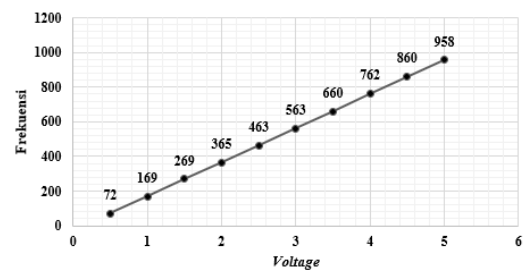
### 3.5 Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Frekuensi Kondisi Reverse

Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian pengaruh tegangan terhadap frekuensi pada kondisi putaran motor *reverse*, yang tercantum pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Pengaruh Tegangan terhadap Frekuensi Kondisi Reverse

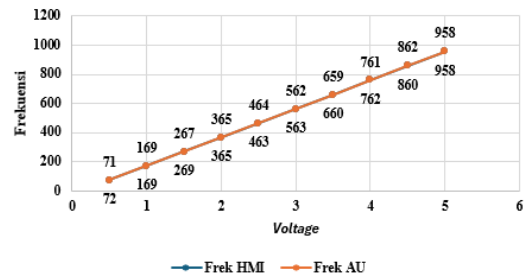
REVERSE						
No.	Human Machine Interface		Alat Ukur		Error	
	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)	Tegangan	Frekuensi
1	0.5	72	0.508	71	1.574%	1.408%
2	1.0	169	1.015	169	1.477%	0.000%
3	1.5	269	1.524	267	1.574%	0.749%
4	2.0	365	2.033	365	1.623%	0.000%
5	2.5	463	2.543	464	1.690%	0.215%
6	3.0	563	3.049	562	1.607%	0.177%
7	3.5	660	3.558	659	1.630%	0.151%
8	4.0	762	4.067	761	1.647%	0.131%
9	4.5	860	4.578	862	1.703%	0.232%
10	5.0	958	5.074	958	1.458%	0.000%
Rata-rata Error					1.598%	0.306%

Hubungan antara Tegangan dan Frekuensi



Gambar 13. Grafik Hubungan antara Tegangan dan Frekuensi Kondisi Reverse

Frekuensi HMI dan Frekuensi Alat Ukur



Gambar 14. Grafik antara Frekuensi HMI dan Frekuensi Alat Ukur Kondisi Reverse

### 3.6 Analisis Pengaruh Tegangan terhadap Frekuensi

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh tegangan terhadap frekuensi, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan, maka akan menghasilkan frekuensi (Hz) pada motor *Brushless DC* semakin tinggi, dan begitu juga dengan sebaliknya. Dengan *error* tegangan yang dihasilkan pada putaran motor *forward* yaitu sebesar 1.598% dan pada putaran motor *reverse* yaitu sebesar 1.598%. Sedangkan untuk *error* frekuensi yang dihasilkan pada putaran motor *forward* yaitu sebesar 0.298% dan pada putaran motor *reverse* yaitu sebesar 0.306%. Sehingga,



meskipun putaran motor dalam kondisi *forward* ataupun *reverse*, tegangan dan frekuensi pada motor *Brushless* DC tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan. Perubahan yang terjadi merupakan *error* pada sistem atau alat ukur.

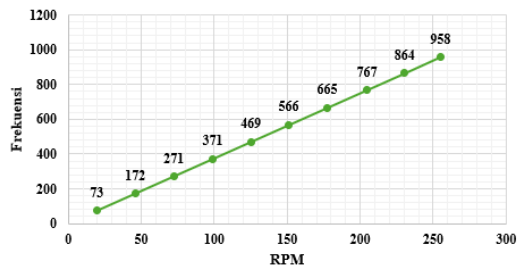
### 3.7 Pengujian Pengaruh Kecepatan terhadap Frekuensi Kondisi *Forward*

Berikut tabel pengujian kecepatan (RPM) terhadap frekuensi kondisi putaran motor *forward* yang tercantum pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Kecepatan terhadap Frekuensi Kondisi *Forward*

FORWARD						
No.	Human Machine Interface		Alat Ukur		Error	
	Kecepatan (RPM)	Frekuensi (Hz)	Kecepatan (RPM)	Frekuensi (Hz)	Kecepatan	Frekuensi
	1	19.46	73	19.5	72	0.205%
2	45.86	172	45.7	170	0.350%	1.176%
3	72.26	271	72.3	271	0.055%	0.000%
4	98.93	371	98.9	370	0.030%	0.270%
5	125.06	469	125.2	469	0.111%	0.000%
6	150.93	566	151.1	566	0.112%	0.000%
7	177.33	665	177.1	664	0.129%	0.150%
8	204.53	767	204.6	767	0.034%	0.000%
9	230.40	864	230.6	864	0.086%	0.000%
10	254.93	958	254.5	958	0.168%	0.000%
Rata-rata Error					0.128%	0.298%

Hubungan antara RPM terhadap Frekuensi



Gambar 15. Grafik Hubungan antara Kecepatan (RPM) terhadap Frekuensi Kondisi *Forward*

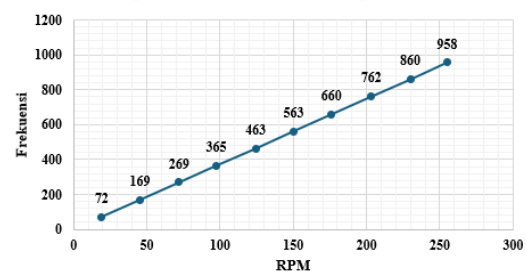
### 3.8 Pengujian Pengaruh Kecepatan terhadap Frekuensi Kondisi *Reverse*

Berikut tabel pengujian kecepatan (RPM) terhadap frekuensi kondisi putaran motor *reverse* yang tercantum pada tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Kecepatan terhadap Frekuensi Kondisi *Reverse*

REVERSE						
No.	Human Machine Interface		Alat Ukur		Error	
	Kecepatan (RPM)	Frekuensi (Hz)	Kecepatan (RPM)	Frekuensi (Hz)	Kecepatan	Frekuensi
	1	19.20	72	19.20	71	0.000%
2	45.30	169	45.20	169	0.221%	0.000%
3	72.00	269	71.50	267	0.699%	0.749%
4	97.30	365	97.20	365	0.102%	0.000%
5	124.26	463	124.0	464	0.209%	0.215%
6	150.13	563	150.0	562	0.086%	0.177%
7	176.00	660	176.0	659	0.000%	0.151%
8	203.20	762	203.0	761	0.098%	0.131%
9	229.86	860	229.8	862	0.026%	0.232%
10	254.93	958	254.5	958	0.168%	0.000%
Rata-rata Error					0.157%	0.306%

Hubungan antara RPM terhadap Frekuensi



Gambar 16. Grafik Hubungan antara Kecepatan (RPM) terhadap Frekuensi Kondisi *Reverse*

### 3.9 Analisis Pengaruh Kecepatan terhadap Frekuensi

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh kecepatan (RPM) terhadap frekuensi, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan pada motor *Brushless* DC, maka akan menghasilkan frekuensi (Hz) pada motor *Brushless* DC semakin tinggi, dan begitu juga dengan sebaliknya. Dengan *error* kecepatan yang dihasilkan pada putaran motor *forward* yaitu sebesar 0.128% dan pada putaran motor *reverse* yaitu sebesar 0.157%. Sedangkan untuk *error* frekuensi yang dihasilkan pada putaran motor *forward* yaitu sebesar 0.298% dan pada putaran motor *reverse* yaitu sebesar 0.306%. Sehingga, meskipun putaran motor dalam kondisi *forward* ataupun *reverse*, frekuensi pada motor *Brushless* DC tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan. Perubahan yang terjadi merupakan *error* pada sistem atau alat ukur.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada pengujian dan analisis hasil dari pengujian yang telah dilakukan mengenai pengaturan kecepatan motor *Brushless* DC dengan arah putaran *forward* dan *reverse*, dapat disimpulkan bahwa meski putaran motor

*Brushless* DC dalam kondisi *forward* ataupun *reverse*, kecepatan ataupun frekuensi tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan, perubahan yang terjadi merupakan *error* pada sistem atau alat ukur.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Baharsyah, "PENGATURAN KECEPATAN MOTOR BRUSHLESS DC MENGGUNAKAN KONTROLER BERBASIS PID," Proyek Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2019.
- [2] R. Büchi, *Brushless Motors and Controllers*. Norderstedt: Books and Demand, 2012.
- [3] O. A. Qudsi, E. Prasetyono, I. Ferdiansyah, S. D. Nugraha, L. Ardiansyah, and E. Purwanto, "Soft Starting dengan Redaman Arus Starting pada Motor BLDC," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 2, no. 8, pp. 143–153, Oct. 2020.
- [4] Nurdamayanti, L. Sartika, and A. M. Prasetia, "PENGATURAN KECEPATAN MOTOR BRUSHLESS DIRECT CURRENT (BLDC) MENGGUNAKAN METODE FIELD ORIENTED CONTROL (FOC)," *Jurnal Edukasi Elektro (JEE)*, vol. 6, no. 2, pp. 143–148, Nov. 2022.
- [5] R. Masood, D. Wang, Z. Ali, and B. Khan, "DDC Control Techniques for Three-Phase BLDC Motor Position Control," *Algorithms*, vol. 10, no. 4, pp. 110–126, Sep. 2017, doi: 10.3390/a10040110.
- [6] I. K. R. Hartawibawa, S. Hadi, and P. A. B. Guterres, "SENSOR EFFECT HALL PADA INDUSTRI OTOMOTIF," Research Gate.
- [7] Priswanto, D. T. Nugroho, Y. Ramadhani, and T. Herdantyo, "PENERAPAN PLC HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE) UNTUK MONITORING OBJEK PADA SISTEM KONVEYOR," *Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers*, vol. 8, pp. 1–11, Nov. 2018.
- [8] H. Haryanto and S. Hidayat, "Perancangan HMI (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC," *SETRUM*, vol. 1, no. 2, pp. 9–16, Dec. 2012.
- [9] E. S. Nasution and A. Hasibuan, "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 2, no. 1, pp. 25–34, Apr. 2018.
- [10] M. Ali, *Aplikasi Elektronika Daya: Pada Sistem Tenaga Listrik*, 1st ed. Yogyakarta: UNY Press, 2018.