

Analisis Perbandingan Sistem Kontrol *Open-Loop* dan *Closed-Loop* pada Trolis Barang Elektrik berbasis Motor BLDC

M. Tamyiz Firmansyah

NIM. 221020200006

Dosen Pembimbing:

Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti, S.Si., MT



PENDAHULUAN

Latar Belakang dan Urgensi Penelitian

⚠ **Masalah Troli Konvensional**

Pengangkutan barang manual memicu kelelahan fisik operator serta risiko gangguan muskuloskeletal secara signifikan.

⚙ **Tantangan Pembebanan**

Variasi beban menurunkan kecepatan putar motor secara konstan tanpa keberadaan sistem kontrol adaptif.

⚡ **Solusi Motor BLDC**

Penggunaan motor Brushless DC 350W meningkatkan efisiensi daya, keandalan tinggi, serta efektivitas transportasi material.

FOKUS PENELITIAN

Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

▲ Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh sistem kontrol open-loop dan closed-loop terhadap kecepatan motor BLDC pada troli barang Elektrik?
2. Bagaimana perubahan daya dan torsi motor BLDC pada sistem kontrol open-loop dan closed-loop terhadap variasi beban?
3. Bagaimana respons sistem kontrol open-loop dan closed-loop terhadap perubahan beban pada troli barang elektrik berbasis motor BLDC?

⚙️ Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik kinerja motor BLDC pada troli barang Elektrik menggunakan sistem kontrol open-loop dan closed-loop.
2. Menganalisis pengaruh sistem kontrol open-loop dan closed-loop terhadap pengaturan kecepatan motor BLDC pada troli barang Elektrik.
3. Mengetahui respon sistem kontrol open-loop dan closed-loop terhadap perubahan beban pada troli barang Elektrik berbasis motor BLDC.

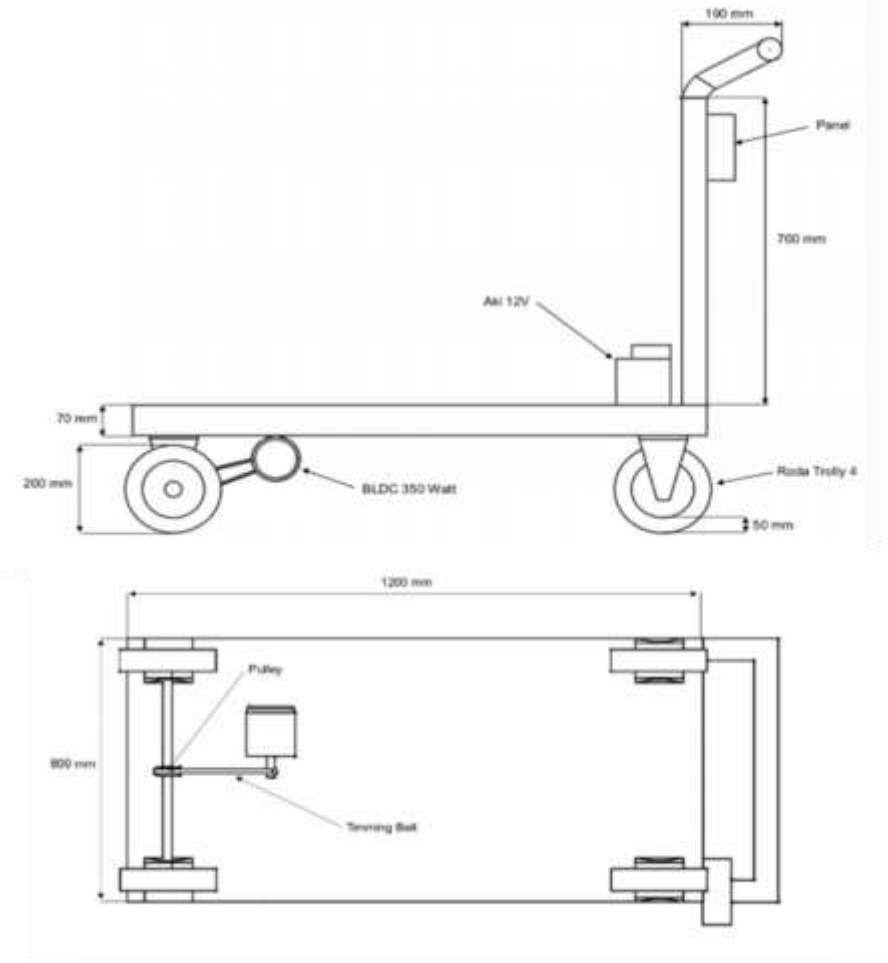
METODOLOGI

Desain Troli Barang

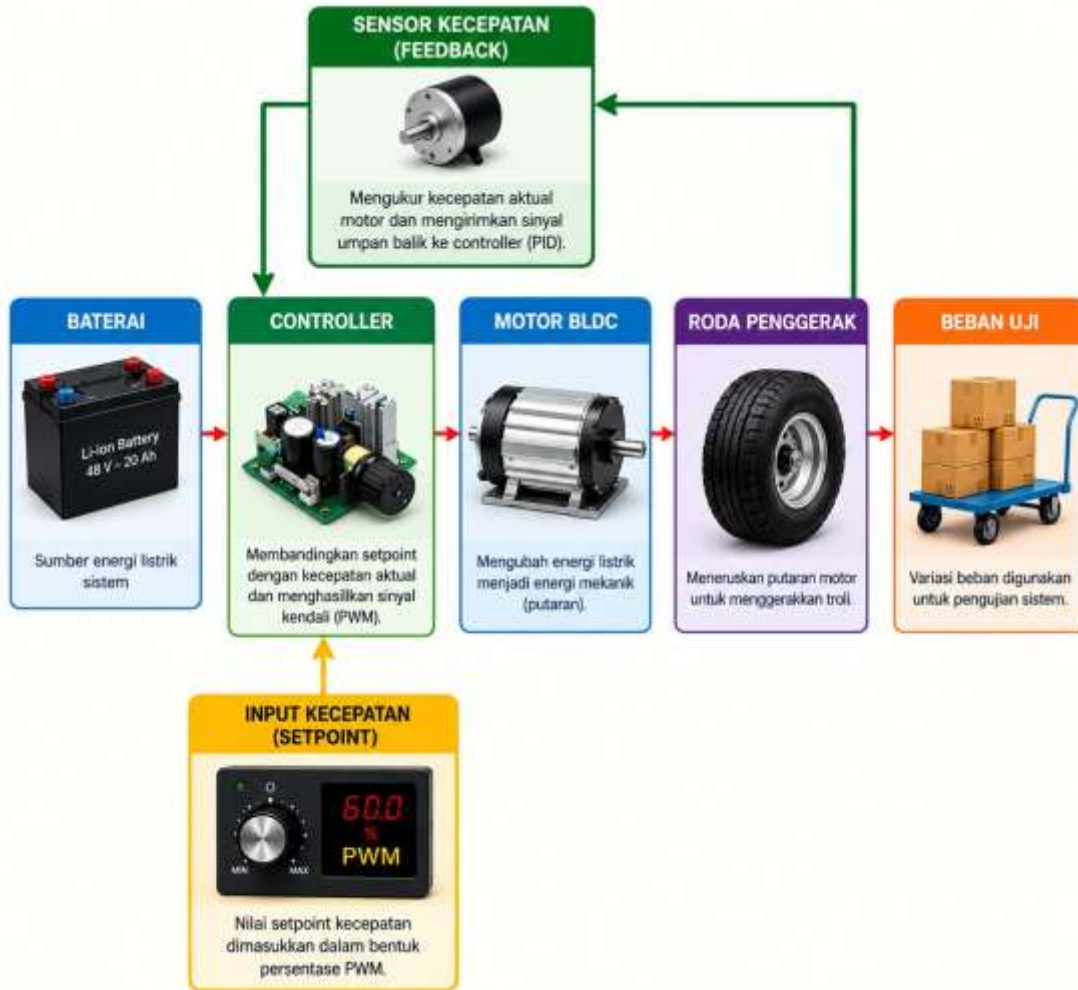
Fokus penelitian ini adalah sistem penggerak elektrik untuk troli barang elektrik berbasis motor Brushless Direct Current (BLDC).

Motor BLDC dipilih karena sangat efisien dan memiliki torsi yang baik, dan cocok untuk aplikasi yang membutuhkan pemindahan material.

Dalam penelitian ini, sistem kontrol open-loop dan closed-loop digunakan untuk mengevaluasi kinerja troli terhadap variasi beban



METODOLOGI



Desain Sistem Penelitian

Desain sistem penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana sistem kontrol open-loop dan closed-loop bekerja pada troli barang elektrik berbasis motor Brushless Direct Current (BLDC).

Pengaturan kecepatan motor, respons sistem terhadap perubahan beban, dan evaluasi performa berdasarkan kecepatan, daya, dan torsi adalah bagian penting dari desain.

METODOLOGI

Sistem Kontrol Open-Loop

Sistem kontrol open-loop tidak menggunakan sinyal umpan balik dari keluaran sistem. Metode ini memungkinkan pengaturan kecepatan motor BLDC dengan memberikan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) kepada pengontrol motor sesuai dengan nilai masukan yang telah ditetapkan sebelumnya



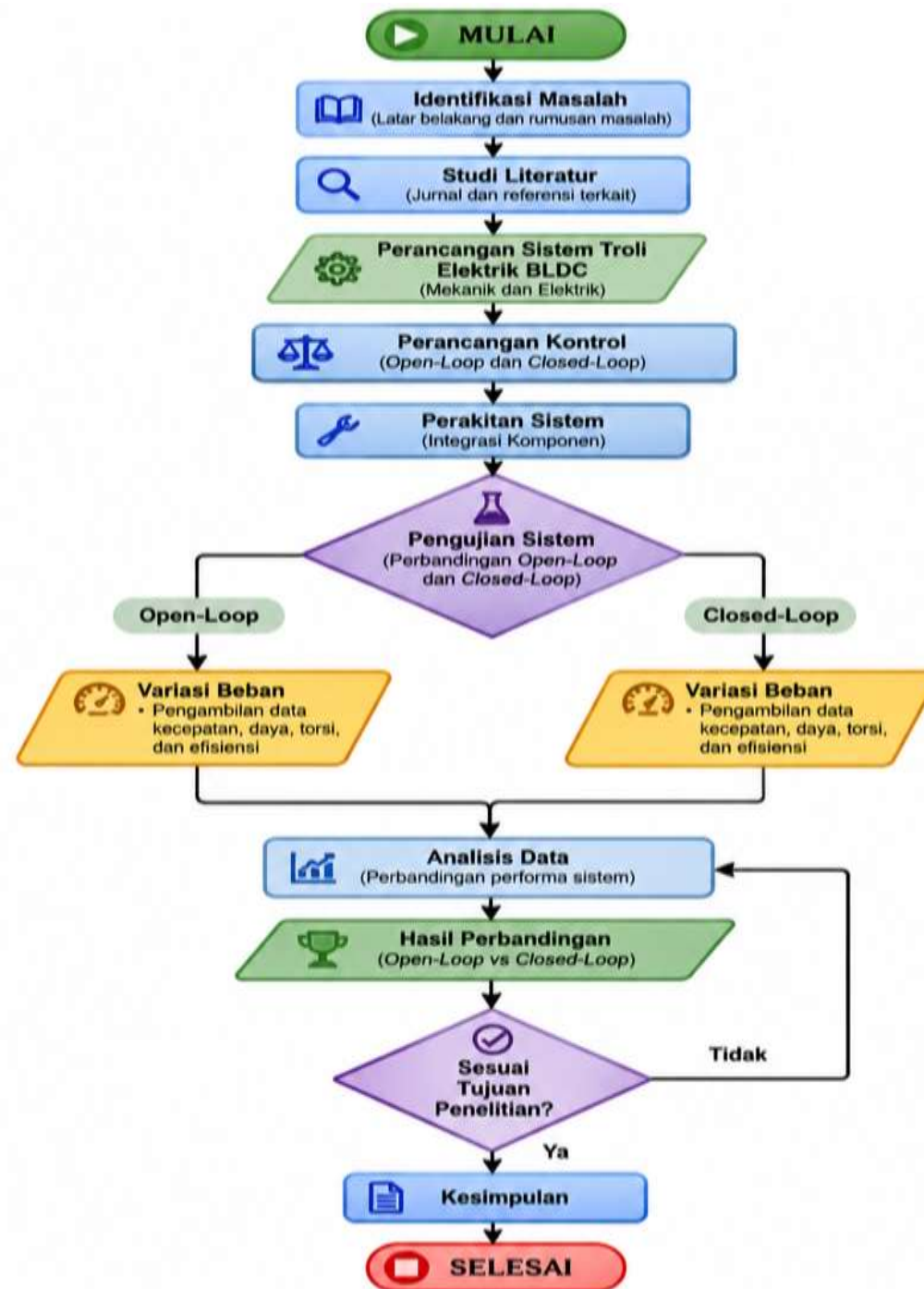
Sistem Kontrol Close-Loop

Dalam sistem kontrol closed-loop, sensor digunakan sebagai umpan balik untuk menjaga nilai keluaran sesuai dengan nilai referensi. Dalam penelitian ini, sensor kecepatan digunakan untuk mengukur kecepatan motor yang sebenarnya.



METODOLOGI

Flowchart Penelitian



HASIL PENELITIAN

Realisasi Troli Elektrik

Sistem troli barang elektrik menggunakan motor Brushless Direct Current (BLDC) sebagai penggerak utama dengan daya 350 watt. Sistem ini terdiri dari beberapa bagian utama, seperti motor BLDC, controller motor, baterai yang berfungsi sebagai sumber tenaga, sensor kecepatan yang digunakan sebagai sistem pengontrolan, serta rangka troli yang bertugas membawa beban.



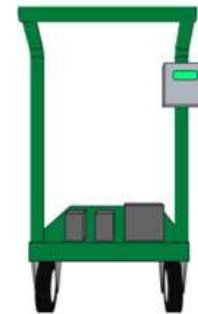
Tampak isometrik



Tampak serong



Tampak samping



Tampak belakang



Tampak Depan



Tampak bawah

Gambar Realisasi

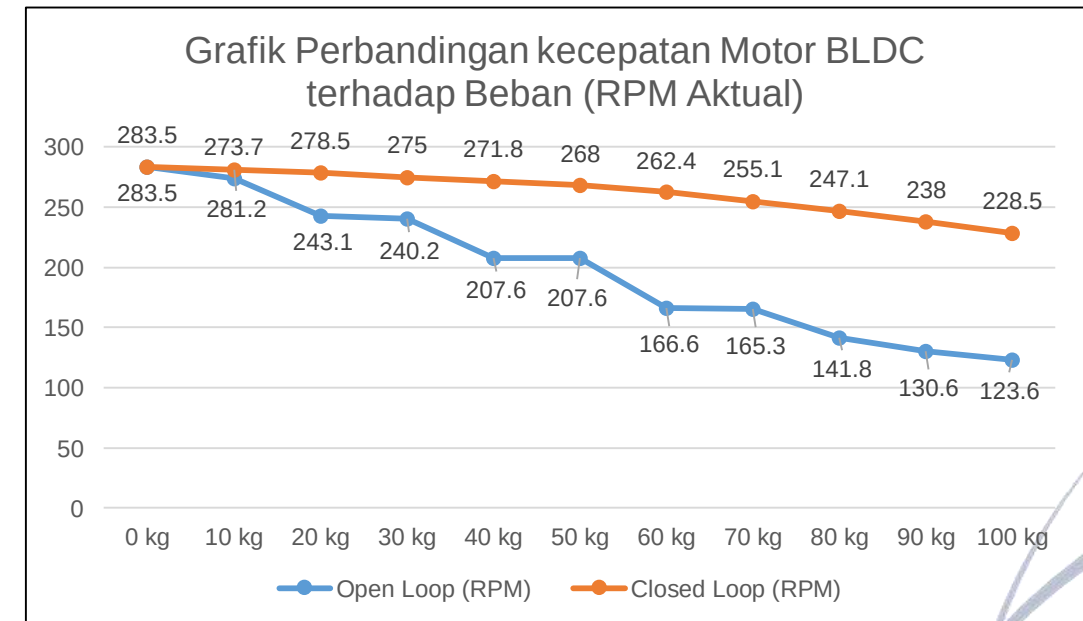


HASIL PENELITIAN

Pengujian Kecepatan Motor

Uji kecepatan dilakukan untuk melihat bagaimana perubahan beban memengaruhi putaran motor BLDC pada sistem kontrol open-loop dan closed-loop.

NO	Beban (Kg)	Open Loop (Set)	Open Loop (RPM)	Closed Loop (Set)	Closed Loop (RPM)
1	0 Kg	878	283,5	878	283,5
2	10 Kg	358	273,7	358	281,2
3	20 Kg	371	243,1	371	278,5
4	30 Kg	378	240,2	378	275,0
5	40 Kg	383	207,6	383	271,8
6	50 Kg	448	207,6	448	268,0
7	60 Kg	548	166,6	548	262,4
8	70 Kg	602	165,3	602	255,1
9	80 Kg	661	141,8	661	247,1
10	90 Kg	757	130,6	757	238,0
11	100 Kg	878	123,6	878	228,5



HASIL PENELITIAN

Pengujian Daya Motor

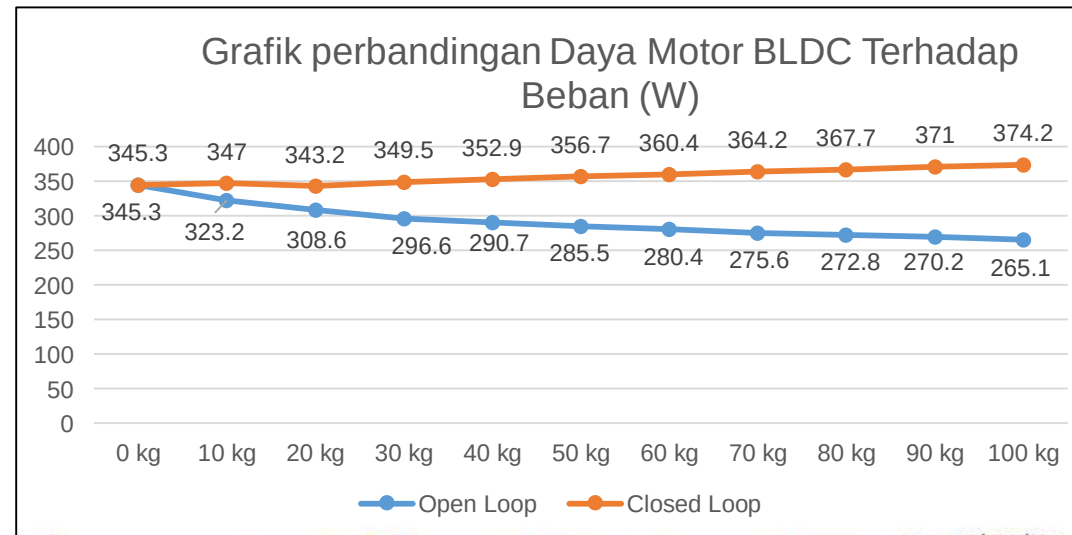
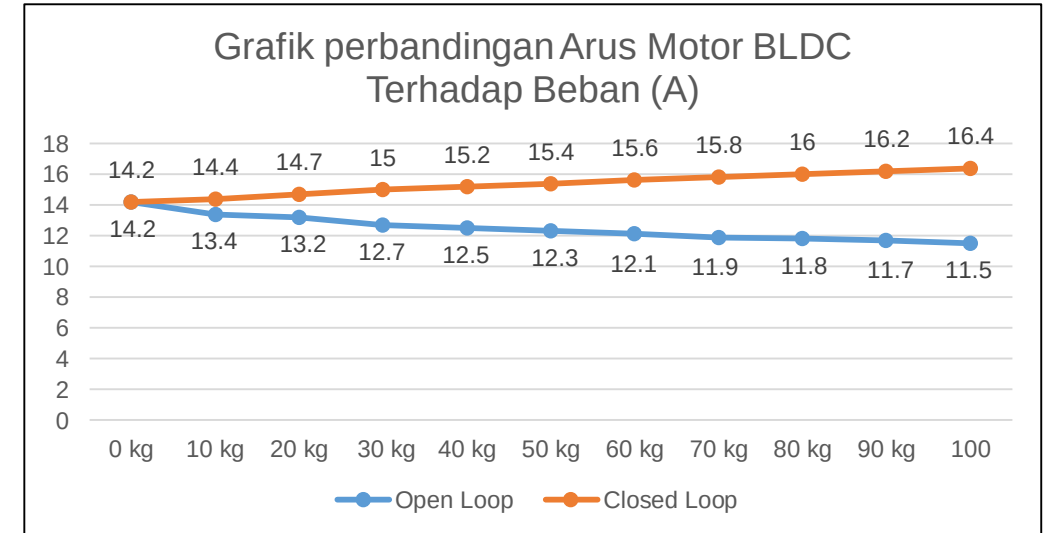
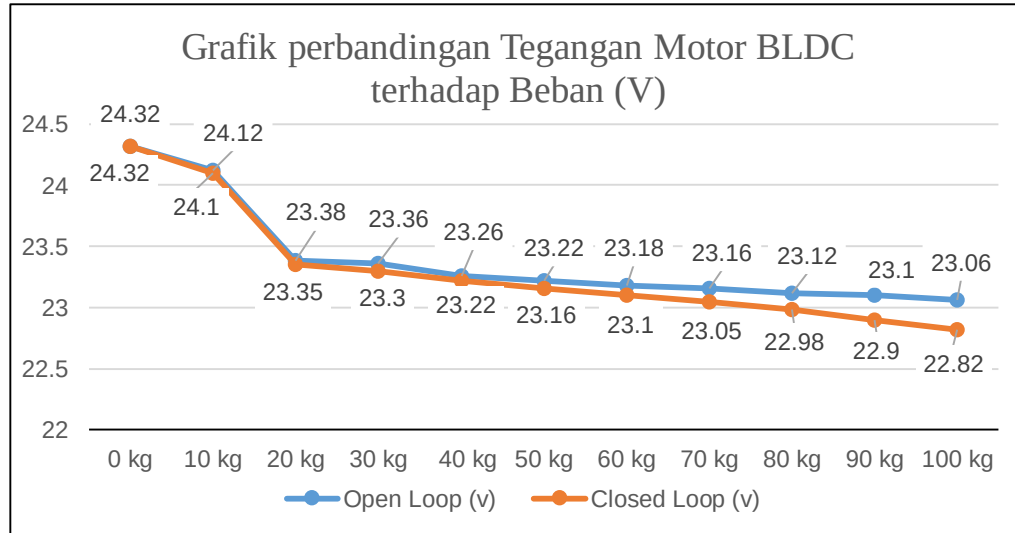
Pengujian daya dilakukan untuk mengetahui berapa banyak energi listrik yang digunakan oleh motor BLDC selama troli beroperasi. Hasil pengujian daya motor dapat dilihat pada tabel disamping. Tabel atas adalah sistem open-loop, dan bawah adalah sistem closed-loop

NO	Beban (Kg)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Listrik (W)
1	0	24,32	14,2	345,3
2	10	24,12	13,4	323,2
3	20	23,38	13,2	308,6
4	30	23,36	12,7	296,6
5	40	23,26	12,5	290,7
6	50	23,22	12,3	285,5
7	60	23,18	12,1	280,4
8	70	23,16	11,9	275,6
9	80	23,12	11,8	272,8
10	90	23,1	11,7	270,2
11	100	23,06	11,5	265,1

NO	Beban (Kg)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Listrik (W)
1	0 Kg	24,32	14,2	345,3
2	10 Kg	24,10	14,4	347,0
3	20 Kg	23,35	14,7	343,2
4	30 Kg	23,30	15,0	349,5
5	40 Kg	23,22	15,2	352,9
6	50 Kg	23,16	15,4	356,7
7	60 Kg	23,10	15,6	360,4
8	70 Kg	23,05	15,8	364,2
9	80 Kg	22,98	16,0	367,7
10	90 Kg	22,90	16,2	371,0
11	100 Kg	22,82	16,4	374,2

HASIL PENELITIAN

Grafik Pengujian Daya Motor

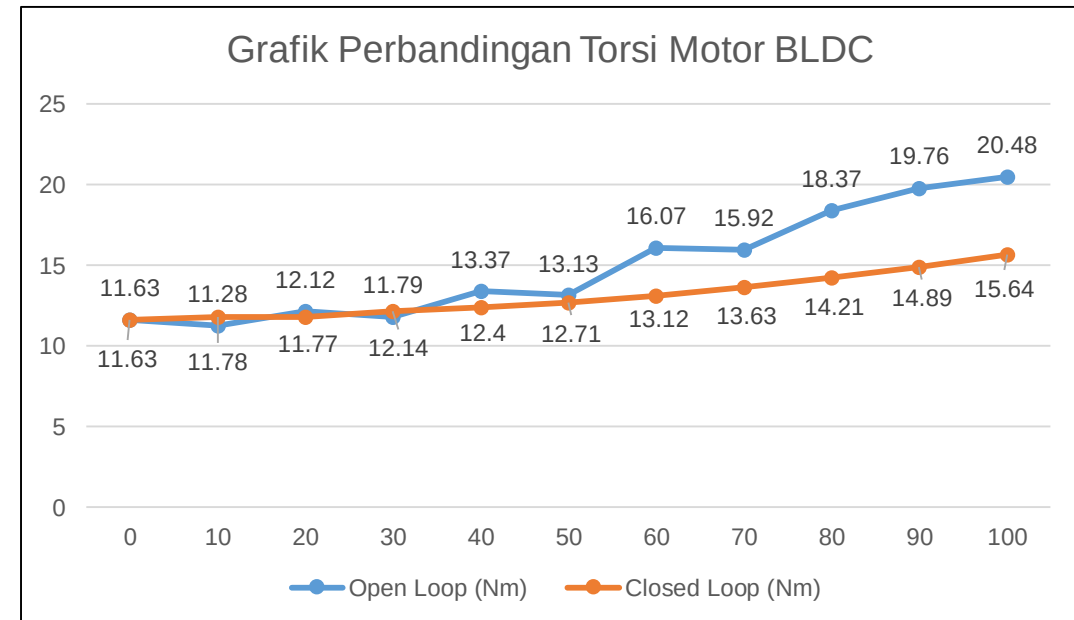


HASIL PENELITIAN

Pengujian Torsi Motor

Analisis torsi dilakukan untuk mengetahui kemampuan motor Brushless Direct Current (BLDC) dalam menghasilkan gaya putar untuk menggerakkan roda troli pada setiap variasi beban.

NO	Beban (Kg)	Open Loop (Nm)	Closed Loop (Nm)
1	0 Kg	11,63	11,63
2	10 Kg	11,28	11,78
3	20 Kg	12,12	11,77
4	30 Kg	11,79	12,14
5	40 Kg	13,37	12,40
6	50 Kg	13,13	12,71
7	60 Kg	16,07	13,12
8	70 Kg	15,92	13,63
9	80 Kg	18,37	14,21
10	90 Kg	19,76	14,89
11	100 Kg	20,48	15,64



HASIL PENELITIAN

Perbandingan Sistem Open-Loop Dan Sistem Closed-Loop

Parameter	Open – Loop	Closed - Loop
Kecepatan (RPM)	123,6 RPM	228,5 RPM
Tegangan (V)	23,06 V	22,82 V
Arus (A)	11,5 A	16,4 A
Daya Listrik (W)	265,1 W	374,2 W
Torsi Estimasi (Nm)	20,48 Nm	15,64 Nm

Berdasarkan hasil pengujian, sistem kontrol Open – Loop dan Closed – Loop memiliki respon yang berbeda terhadap peningkatan beban. Kecepatan: Pada beban 100 kg, Open-Loop turun menjadi 123,6 RPM, sedangkan Closed-Loop masih 228,5 RPM. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan respons terhadap peningkatan beban. Arus dan daya: Open-Loop menggunakan 11,5 A dengan daya 265,1 W. Closed-Loop menggunakan 16,4 A dengan daya 374,2 W. Pada data pengujian ini, Closed-Loop membutuhkan arus dan daya lebih besar. Torsi estimasi: Torsi estimasi Open-Loop mencapai 20,48 Nm, sedangkan Closed-Loop 15,64 Nm pada beban 100 kg. Nilai ini dihitung berdasarkan daya listrik masuk dan kecepatan putaran.

Kesimpulan perbandingan: Kedua sistem memiliki karakteristik respons yang berbeda terhadap perubahan beban. Open-Loop mengalami penurunan kecepatan lebih besar, sedangkan Closed-Loop mempertahankan kecepatan aktual lebih tinggi dengan penggunaan arus dan daya yang lebih besar.

KESIMPULAN

✓ Stabilitas Putaran

Closed-Loop mampu memertahankan RPM jauh lebih presisi dibandingkan Open-Loop saat diberi beban hingga 100 kg.

⚙️ Performa Industri

Sistem kendali Closed-Loop sangat direkomendasikan untuk troli barang elektrik berkapasitas berat.

⚡ Adaptabilitas Daya

Sistem Closed-Loop secara otomatis menaikkan pasokan daya listrik untuk mengatasi lonjakan beban mekanis.

TERIMA KASIH



Seminar Hasil Karya Tulis Ilmiah

M. Tamyiz Firmansyah • Teknik Mesin • Universitas Muhammadiyah Sidoarjo