

PENERAPAN *BUCK-BOOST CONVERTER* DENGAN *SOFT STARTER* UNTUK PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS *SIMULINK* *MATLAB*

Application of Buck-Boost Converter with Soft Starter for Controlling DC Motor Speed based on Simulink Matlab

Steni Salaus Moai ¹, Afner S. Sinaga ², Oktavianus Kati ³, Yosef Lefaan ⁴, Ekawati M. Ohee ⁵,
Theresia Wuri O ⁶

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jl. Kamp Wolker Perumnas III, Yabansai,
Kec. Heram, Kota Jayapura, Papua 99224

Email: ¹stenlymoai20@gmail.com, ²afnersaut@gmail.com, ³okecanakota@gmail.com, ⁴yose.flefaan@yahoo.com,
⁵oheekawati@gmail.com, ⁶theresiawuri@gmail.com

ABSTRAK

Pengaturan kecepatan motor dc dilakukan akibat terjadinya perubahan beban dan pengasutan motor dc memerlukan arus yang besar sehingga bila dilakukan secara langsung dapat merusak isolasi motor. Pengaturan kecepatan motor dc dapat dilakukan dengan mengatur arus medan, tahanan jangkar dan tegangan. Buck-boost converter adalah alat elektronika daya yang berfungsi mengonversi level tegangan dc yang tinggi ke level tegangan dc yang rendah maupun sebaliknya. Sehingga kecepatan akan tetap pada nominalnya. Cara mengurangi arus start dapat dilakukan dengan soft stater, metode ini dilakukan dengan membandingkan arus referensi dan arus jangkar pada motor dc. Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui unjuk kerja buck-boost converter untuk mengontrol kecepatan motor dc di saat penambahan beban dan unjuk kerja soft starter untuk mengurangi arus start pada motor dc. Unjuk kerja sistem ditentukan dengan bantuan perangkat lunak matlab simulink. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai duty cycle nominal sebesar 45,57% dengan tegangan masukan sebesar 215 volt dan tegangan keluaran sebesar 180 volt. Saat terjadi perubahan beban 0,025 hingga 0,200 diatur nilai duty cycle 45,59% hingga 45,80%, sehingga buck-boost converter dapat mempertahankan kecepatan pada nominal sebesar 1750 rpm. Dengan soft start, diperoleh bahwa arus start tidak pernah melewati 20 ampere, sehingga cara ini cukup efektif untuk digunakan pada starting motor dc.

Kata Kunci: *Simulink Matlab, Soft Starter, Buck-Boost Converter, Kecepatan Motor DC*

ABSTRACT

Speed regulation of dc motor is carried out due to load changes and dc motor starting requires a large current so that if done directly it can damage the insulation on the motor. Setting the speed of a dc motor can be done by adjusting the field current, armature resistance and voltage. Buck-boost converter is a power electronic device that functions to convert high dc voltage levels to low dc voltage levels and vice versa. So the speed will remain at nominal. How to reduce the starting current can be done with a soft starter, this method is done by comparing the reference current and the armature current on the dc motor. The purpose of this study was to determine the performance of the buck-boost converter to control the speed of the dc motor when the load was added and the soft starter's performance to reduce the starting current of the dc motor. The performance of the system was determined with the help of the matlab simulink software. From the calculation results, the nominal duty cycle value is 45,57% with an input voltage of 215 volts and an output voltage of 180 volts. When there is a change in load from 0,025 to 0,200, the duty cycle value is set to 45,59% to 45,80%, so that the buck-boost converter can maintain its nominal speed of 1750 rpm. With a soft start, it is found that the starting current never exceeds 20 amperes, so this method is quite effective for use in starting dc motors.

Keywords: *Simulink Matlab, Soft Starter, Buck-Boost Converter, DC Motor Speed*

PENDAHULUAN

Motor dc sering mengalami *overshoot* pada saat penyalaan awal. Selain itu, motor ini kurang stabil. Pada torsi yang tinggi, kecepatannya menurun dan juga sebaliknya. Namun pada saat tidak terdapat beban, motor ini akan cenderung menghasilkan kecepatan yang sangat tinggi.

Pengaturan kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan mengatur arus medan, kemudian dengan mengatur tahanan jangkar dan dengan mengatur tegangan terminal jangkar.

Motor DC membutuhkan arus *starting* yang besar, arus yang besar ini dapat merusak isolasi dalam motor, sehingga harus dilakukan pengontrolan terhadap arus *starting*-nya. Beberapa metode *starting* motor yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan tahanan *starting* dan dengan menggunakan rangkaian pembatas arus *start*.

Tujuan dari pengaturan kecepatan motor yang dilakukan pada motor ialah untuk memperkecil arus pengasutan (*starting*) ketika motor terhubung ke jaringan, memperkecil pengaruh gangguan terhadap kecepatan motor dan membuat pengaturan kecepatan pada motor.

METODE

Untuk melakukan simulasi dalam Tugas Akhir ini, maka data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Data Motor DC di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Cenderawasih.
2. Data Komponen Rangkaian Buck-Boost Converter, Pulse Generator, Tahanan Starting, Soft Starter, Rectifier dan Filter Kapasitor.

Setelah data terkumpul maka langkah pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Membuat Pemodelan Motor DC, *Buck-Boost Converter*, Tahanan *Starting*, *Soft Starter*, *Rectifier* dan Filter Kapasitor.
2. Merancang Sistem Kendali Motor DC *Start* Langsung, dengan Tahanan *Starting* dan *Buck-Boost Converter* dengan *Soft Starter*.

Setelah melakukan pengolahan data, dilanjutkan dengan:

1. Simulasi Verifikasi Pemodelan Motor DC, *Buck-Boost Converter*, Tahanan *Starting*, *Soft Starter*, *Rectifier* dan Filter Kapasitor.
2. Simulasi Sistem Kendali Motor DC *Start* Langsung, dengan Tahanan *Starting* dan *Buck-Boost Converter* dengan *Soft Starter*.
3. Analisa Perbandingan Sistem Kendali
4. Pengaturan Kecepatan motor DC dengan mengubah-ubah nilai *duty cycle*

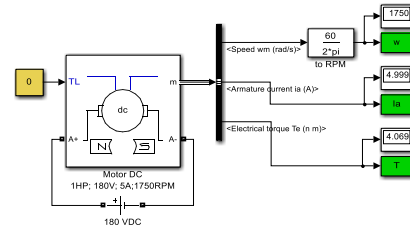
5. Pengaruh penambahan beban dengan nilai *duty cycle* nominal

6. Menstabilkan Kecepatan pada Nominalnya saat penambahan Beban

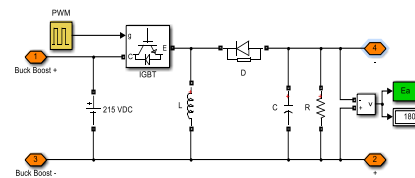
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembahasan memuat uraian sebagai berikut:

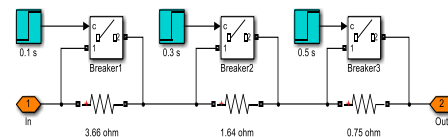
1. Pemodelan dan Simulasi Verifikasi



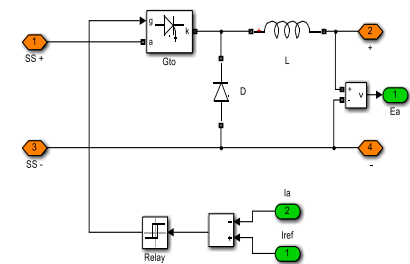
Gambar 1 Motor DC



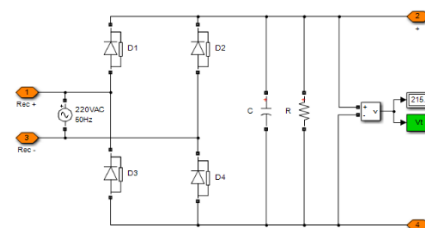
Gambar 2 Buck-Boost Converter



Gambar 3 Tahanan Starting

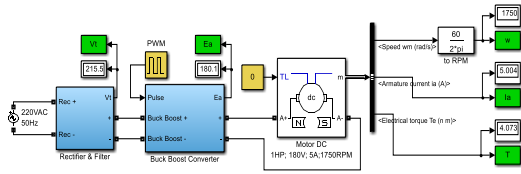


Gambar 4 Soft Starter

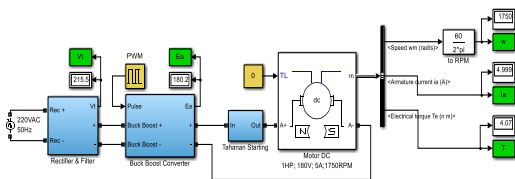


Gambar 5 Rectifier dan Filter Kapasitor

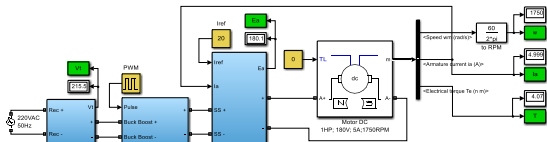
2. Sistem Kendali



Gambar 6 Motor DC *Start* Langsung

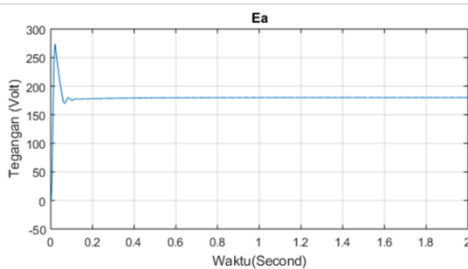
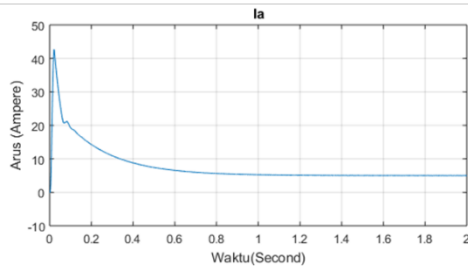
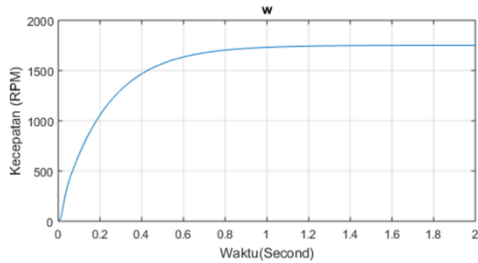


Gambar 7 Motor DC dengan Tahanan *Starting*



Gambar 8 Motor DC menggunakan *Buck-Boost Converter* dengan *Soft Starter*

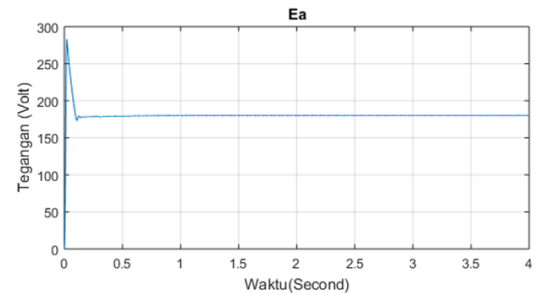
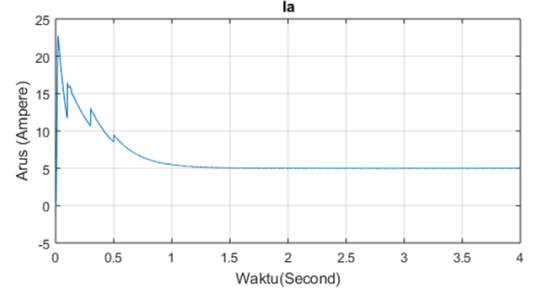
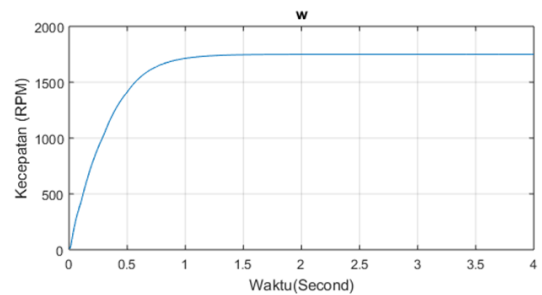
3. Hasil Simulasi Sistem Kendali



Gambar 9 Grafik (w, I, V) Motor DC *Start* Langsung

Tabel 1 Respon Sistem dari Gambar 9

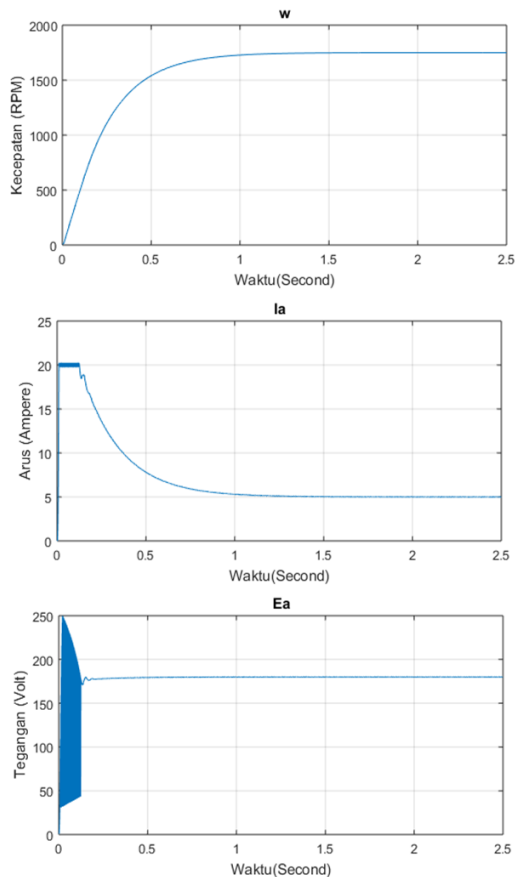
No	Keterangan	Waktu Naik (detik)	Waktu Stabil (detik)	Nilai Puncak	Overshoot (%)
1	Kecepatan (rpm)	0,4830	0,8684	1750,3	0,0010
2	Arus (ampere)	0,0027	0,7642	42,7062	753,5045
3	Tegangan (volt)	0,0074	0,1102	274,0207	52,1616



Gambar 10 Grafik (w, I, V) Motor DC dengan Tahanan *Starting*

Tabel 2 Respon Sistem dari Gambar 10

No	Keterangan	Waktu Naik (detik)	Waktu Stabil (detik)	Nilai Puncak	Overshoot (%)
1	Kecepatan (rpm)	0,6087	1,0113	1750,3	0,0013
2	Arus (ampere)	0,0037	1,0836	22,7471	355,0042
3	Tegangan (volt)	0,0073	0,1170	283,0395	57,0817



Gambar 11 Grafik (w, I, V) Motor DC menggunakan *Buck-Boost Converter* dengan *Soft Starter*

Tabel 3 Respon Sistem dari Gambar 11

No	Keterangan	Waktu Naik (detik)	Waktu Stabil (detik)	Nilai Puncak	Overshoot (%)
1	Kecepatan (rpm)	0,5027	0,9023	1750,5	0,0012
2	Arus (ampere)	0,0028	1,0136	20,2500	305,0953
3	Tegangan (volt)	0,0078	0,1736	249,7136	38,6781

4. Analisa Perbandingan Sistem Kendali

Dari grafik dan tabel di atas memperlihatkan bahwa kecepatan motor pada waktu naik, waktu stabil lebih cepat dan *overshoot* yang rendah pada rangkaian motor dc *start* langsung dan lebih baik pada rangkaian motor dc dengan tahanan *starting*. Namun jika dilihat dari sisi arus dan tegangan, untuk nilai puncak lebih dan *overshoot* lebih yang pada rangkaian motor dc menggunakan *buck-boost converter* dengan *soft starter*.

Dengan demikian dapat analisa bahwa, dari sisi waktu kestabilan sistem untuk kecepatan, arus dan tegangan lebih unggul rangkaian motor dc *start* langsung, namun kelemahannya terdapat pada nilai puncak dan *overshoot* yang lebih besar dari pada

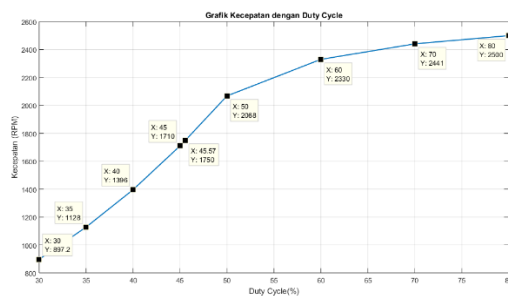
kedua rangkaian lainnya. Jika dilihat dari sisi nilai puncak dan *overshoot* lebih unggul rangkaian motor dc menggunakan *buck-boost converter* dengan *soft starter* dari pada rangkaian motor dc dengan tahanan *starting* dan rangkaian motor dc *start* langsung.

Rangkaian motor dc menggunakan *buck-boost converter* dengan *soft starter* lebih unggul karena arus *starting* yang dapat diatur dengan memasukkan nilai arus referensinya pada rangkaian *soft starter* dan juga disaat penambahan beban dapat diatur kecepatannya dengan mengubah-ubah nilai *duty cycle* pada rangkaian *buck-boost converter*.

5. Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan mengubah-ubah nilai *Duty Cycle*

Tabel 4 Perubahan Nilai *Duty Cycle* terhadap Kecepatan

D (%)	Vout (Volt)	W (RPM)
30	92,3	897,2
35	116	1128
40	143,6	1396
45	176	1710
45,57	180	1750
50	214,5	2068
60	320,9	2330
70	483,2	2441
80	547	2500



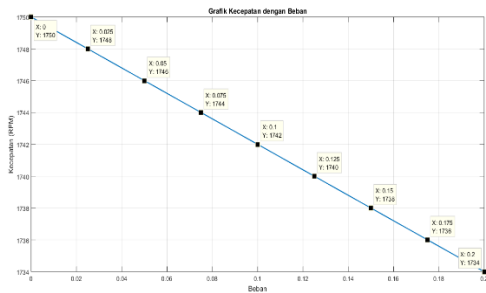
Gambar 12 Perubahan Nilai *Duty Cycle* terhadap Kecepatan

Gambar 12 memperlihatkan bahwa, semakin besar beban yang diberikan pada motor, maka semakin kecil kecepatan putar motor.

6. Pengaruh Penambahan Beban dengan nilai Duty Cycle Nominal

Tabel 5 Pengaruh Penambahan Beban dengan Nilai Duty Cycle Nominal

Beban	Vout (Volt)	W (RPM)
0	180	1750
0,025	180	1748
0,050	180	1746
0,075	180	1744
0,1	180	1742
0,125	180	1740
0,150	180	1738
0,175	180	1736
0,2	180	1734



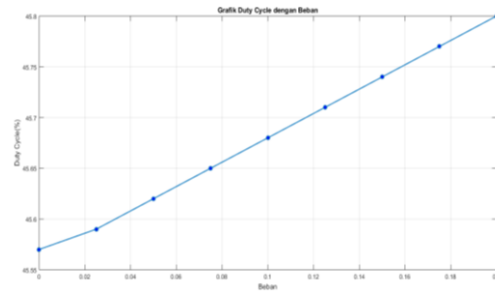
Gambar 13 Pengaruh Penambahan Beban dengan Nilai Duty Cycle Nominal

Gambar 13 memperlihatkan bahwa, semakin besar beban yang diberikan pada motor, maka semakin kecil kecepatan putar motor.

7. Menstabilkan Kecepatan pada Nominalnya saat Penambahan Beban

Tabel 6 Menstabilkan Kecepatan pada Nominalnya saat Penambahan Beban

Beban	Vout (Volt)	W (RPM)
0	180	1750
0,025	180	1748
0,050	180	1746
0,075	180	1744
0,1	180	1742
0,125	180	1740
0,150	180	1738
0,175	180	1736
0,2	180	1734



Gambar 14 Menstabilkan Kecepatan pada Nominalnya saat Penambahan Beban

Motor DC memiliki karakteristik yaitu pada setiap perubahan beban motor akan mengakibatkan perubahan kecepatan. Agar kecepatan motor konstan pada setiap perubahan beban, diiringi dengan mengubah nilai *duty cycle* juga.

Gambar 14 memperlihatkan pada setiap penambahan beban dilakukan perubahan nilai *duty cycle* agar kecepatan putar menghasilkan kecepatan motor yang konstan yaitu 1750 rpm. Gambar grafik tersebut memperlihatkan hubungan antara kenaikan beban dengan kenaikan persentase *duty cycle* yang berbanding lurus.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

1. Unjuk Kerja *Buck-Boost Converter*

- Rangkaian motor dc menggunakan *buck-boost converter* nilai *overshoot* tegangan sebesar 38,6781% lebih baik dibanding dengan rangkaian motor dc *start* langsung dan juga motor dc dengan tahanan *starting* yaitu sebesar 52,1616% dan 57,0817%.
- Diketahui dari hasil simulasi sistem yang dimodelkan, pada saat penambahan beban terjadi pengurangan kecepatan putar motor dari kecepatan nominalnya dan *buck-boost converter* mampu untuk mengatur dan menstabilkan kecepatan putar motor ketika beban 0,025 hingga 0,200 pada kecepatan putar 1750 rpm.
- Untuk mengatur kecepatan putar motor yang diatur dengan mengubah-ubah nilai *duty cycle* pada *pwm buck-boost converter* dapat dikatakan diatur secara manual. Artinya jika terjadi penambahan beban sekian, maka kecepatan putar motor akan berkurang dan untuk menstabilkan kecepatan, dapat diinput nilai *duty cycle* secara manual pada *pwm buck-boost converter*.

2. Unjuk Kerja *Soft Starter*
 - a. Sistem membutuhkan waktu 0,9 detik untuk stabil.
 - b. *Soft starter* mampu membatasi arus *start* yang masuk pada motor dc dan arus *start* dapat diatur dengan cara memasukan nilai arus *start* yang telah ditentukan pada blok I_{ref} rangkaian *soft start*.
 - c. Untuk pengasutan arus *start*, ditentukan nilai arus *start* dan masih dimasukan secara manual pada blok I_{ref} rangkaian *soft start*.
3. Perbandingan Metode Sistem Kendali
 - a. Waktu kestabilan sistem untuk kecepatan, arus dan tegangan lebih unggul rangkaian motor dc *start* langsung, namun kelemahannya terdapat pada nilai puncak dan *overshoot* yang lebih besar dari pada kedua rangkaian lainnya.
 - b. Nilai puncak (*magnitude*) dan *overshoot*, lebih baik pada kendali motor DC menggunakan *buck-boost converter* dengan *soft starter* dari pada metode tahanan *starting* dan *start* langsung. Hal ini disebabkan arus *starting* yang dapat diatur dengan memasukan nilai arus referensinya pada rangkaian *soft starter* dan juga disaat penambahan beban dapat diatur kecepatannya dengan mengubah-ubah nilai *duty cycle* pada rangkaian *buck-boost converter*.

SARAN

1. Waktu sistem menuju kestabilan dapat dikatakan masih tergolong lumayan cepat, namun menurut penulis untuk penulis berikutnya, masih bisa dikembangkan dengan penambah pengontrol tegangan pada *pwm* rangkaian *buck-boost converter* sehingga sistem juga bisa dikontrol secara otomatis.
2. Pengaturan kecepatan motor masih dilakukan secara manual dan menurut penulis untuk penulis berikutnya, masih bisa dikembangkan untuk mengatur kecepatan secara otomatis dengan menambahkan pengontrol pada *buck-boost converter* atau bisa melalui rangkaian *soft starter*

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul "**Penerapan *Buck-Boost Converter* dengan *Soft Starter* untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC berbasis *Simulink Matlab***" yang merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik, dapat terselesaikan. Terwujudnya Tugas Akhir ini, tidak lepas dari partisipasi dan

bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Afner S. Sinaga, S.T., M.Eng., dan Bapak Ir. Oktavianus Kati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan II, yang telah meluangkan waktu, memberikan saran dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Staf Dosen dan Tata Usaha di lingkungan jurusan Teknik Elektro yang membantu dalam proses Tugas Akhir.
3. Keluarga yang selalu mendoakan dan menyemangati.
4. Bapak Bayu Purnomo P, S.T., M.Eng. dan Bapak Mateus Y. Noiya, S.T. yang telah membantu dan mendukung dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
5. Victor Latupeirissa dan Advent Hami Matondang yang telah membantu dan memberi dukungan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
6. Teman-teman seangkatan 2018 Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Gunawan, *Simulasi Pengaturan Arus Starting Motor DC Menggunakan Penyearah Terkendali Berbasis Matlab/Simulink*. Jayapura: Universitas Cenderawasih, 2018.
- [2] A. Pinem, "Pengaturan Kecepatan Motor Dc Penguatan Shunt Dengan Integral Siklus Kontrol (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik Ft – Usu)," *Tugas akhir*, 2008.
- [3] M. A. Jauhari, "UNIVERSITAS SUMATERA UTARA Poliklinik UNIVERSITAS SUMATERA UTARA," *J. Pembang. Wil. Kota*, vol. 1, no. 3, pp. 82–91, 2018.
- [4] S. U. Muslihi, *ANALISIS PENALAAAN PID CONTROLLER PADA SIMULASI KENDALI KECEPATAN PUTAR MOTOR DC*, 1st ed. Jayapura: Universitas Cenderawasih, 2022.
- [5] N. A. Ahmed, "Modeling and simulation of ac-dc buck-boost converter fed dc motor with uniform PWM technique," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 73, no. 3, pp. 363–372, 2005, doi: 10.1016/j.epsr.2004.08.010.
- [6] M. Rifa'i and B. A. Ikawaty, "Desain Rangkaian Buck-Boost Converter Pada Sistem Charging Lampu Penerangan Lingkungan Pondok," vol. 8, pp. 28–34, 2016.
- [7] S. Samanta, T. Tanesha, and D. Vijayakumar, "Design and simulation of speed controller using ac-dc buck boost converter for dc motor drive with soft starter," *2013 Int. Conf. Energy Effic. Technol. Sustain. ICEETS 2013*, pp. 1230–1237, 2013, doi: 10.1109/ICEETS.2013.6533563.

- [8] A. Maradona, "lilitan gelombang majemuk," p. 91, 2017, [Online]. Available: <https://123dok.com/document/yr04odjy-mesin-mesin-dc-bahan-kuliah.html>