

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM
PROTEKSI PANAS YANG TERINTEGRASI PADA
AKTUATOR PUSHER BERBASIS MOTOR DC**



DIENUL HAFIZH

03051381720004

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM
PROTEKSI PANAS YANG TERINTEGRASI PADA
AKTUATOR PUSHER BERBASIS MOTOR DC**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH
DIENUL HAFIZH
03051381720004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PROTEKSI
PANAS YANG TERINTEGRASI PADA AKTUATOR PUSHER
BERBASIS MOTOR DC**


SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

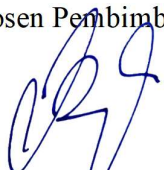
Oleh :

DIENUL HAFIZH
03051381720004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19712251997021001

Palembang, Agustus 2020
Diperiksa dan disetujui oleh :
Dosen Pembimbing,


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19712251997021001

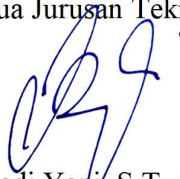
**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

**NAMA : DIENUL HAFIZH
NIM : 03051381720004
JUDUL : RANCANG BANGUNG PROTOTIPE SISTEM
PROTEKSI PANAS YANG TERINTEGRASI PADA
AKTUATOR PUSHER BERBASIS MOTOR DC
DIBERIKAN : JULI 2020
SELESAI : AGUSTUS 2020**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19712251997021001

Palembang, Agustus 2020
Diperiksa dan disetujui oleh :
Dosen Pembimbing,


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19712251997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PROTEKSI PANAS YANG TERINTEGRASI PADA AKTUATOR PUSHER BERBASIS MOTOR DC**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Juli 2020.

Palembang, Agustus 2020

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa skripsi

Ketua :

1. Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T.
NIP. 197000081994121001

()

Anggota :

1. Ismail Thamrin, S.T., M.T.
NIP. 197209021997021001

()

2. Ir. Firmansyah Burlian, M.T.
NIP. 195612271988111001

()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19712251997021001

Pembimbing Skripsi,



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19712251997021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dienul Hafizh

NIM : 03051381720004

Judul : Rancang Bangun Prototipe Sistem Proteksi Panas Yang Terintegrasi Pada Aktuator Pusher Berbasis Motor DC

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur tersebut dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 27 Juli 2020



Dienul Hafizh

NIM. 03051381720004

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dienul Hafizh

NIM : 03051381720004

Judul : Rancang Bangun Prototipe Sistem Proteksi Panas Yang Terintegrasi
Pada Aktuator Pusher Berbasis Motor DC

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 27 Juli 2020



Dienul Hafizh

03051381720004

RINGKASAN

RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PROTEKSI PANAS YANG TERINTEGRASI PADA AKTUATOR PUSHER BERBASIS MOTOR DC

Dienul Hafizh, dibimbing oleh Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D

PROTOTYPE DESIGN AND BUILD OF THERMAL PROTECTION SYSTEM INTEGRATED ON DC MOTOR PUSHER ACTUATOR

xxii + 38 halaman, 6 tabel, 31 gambar

RINGKASAN

Dalam industri bidang logistik, penyortiran produk sangat penting dilakukan dengan tujuan agar barang yang disortir sesuai dengan tujuan penempatan dari produk tersebut. Saat ini jenis penyortir yang umum digunakan adalah sistem penyortir berbasis konveyor. Beberapa dekade terakhir, sistem otomatisasi konveyor menggunakan teknologi hidrolis dan pneumatik sebagai aktuator pada sistem penyortiran. Seiring dengan kemajuan jaman ditemukan teknologi pengganti teknologi hidrolis dan pneumatik sehingga yang dapat mengurangi bobot, kompleksitas, konsumsi bahan bakar, biaya operasional, dan dampak terhadap lingkungan. Teknologi ini disebut dengan *Electromechanical Actuator* atau disingkat dengan EMA. Perkembangan desain sistem *rejector* atau yang umum disebut dengan '*linear pusher*' berbasis EMA dan agar dapat terintegrasi dalam sistem otomatisasi konveyor masih belum signifikan secara global. Walaupun begitu, pengembangan desain sistem *rejector* dan beberapa penelitian dan penemuan pada Laboratorium Desain dan Rekayasa Material Jurusan Teknik Mesin F.T. Unsri telah menghasilkan sebuah prototipe rancangan dari *linear pusher* berbasis EMA. Akan tetapi, prototipe ini belum memiliki sistem proteksi. Prototipe aktuator EMA tersebut terdiri dari tiga domain utama, yaitu unit elektrikal dengan penggunaan motor DC dengan magnet permanen, unit mekanikal dengan sistem transmisi puli dan gigi *reducer*, serta *direct-driven* melalui gigi *rack, pinion* dan

unit kendali. Oleh karena itu, sistem *pusher* ini memerlukan sistem proteksi terutama pada motor DC agar terhindar dari kelebihan arus (*over-current protection*) dan panas berlebih (*thermal protection*). Dengan menggunakan arsitektur perangkat keras dan beberapa sensor, dihasilkan sebuah sistem kendali dan unit monitoring yang berbiaya murah namun handal sehingga berhasil menjamin proteksi terhadap motor DC dan menyediakan beberapa fitur '*fail-safe*'.

Kata Kunci : Logistik, Sortir, *Pusher*, Proteksi

SUMMARY

PROTOTYPE DESIGN AND BUILD OF THERMAL PROTECTION SYSTEM INTEGRATED ON DC MOTOR PUSHER ACTUATOR

Dienul Hafizh, supervised by Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D

RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PROTEKSI PANAS YANG TERINTEGRASI PADA AKTUATOR PUSHER BERBASIS MOTOR DC

xxii + 38 pages, 6 tables, 31 pictures

SUMMARY

In the logistics industry, product sorting is very important to be carried out with the aim that goods sorted according to the purpose of the placement of the product. Currently the most common type of sorter is conveyor-based sorting system. The last few decades, conveyor automation systems use hydraulic and pneumatic technology as actuators in sorting systems. Along with the changing times, technology is found to replace hydraulic and pneumatic technology so as to reduce weight, complexity, fuel consumption, operational costs, and the impact on the environment. This technology is called the Electromechanical Actuator or abbreviated as EMA. The development of the rejector system design or what is commonly referred to as the 'linear pusher' based on EMA and to be integrated in the conveyor automation system is still not globally significant. Even so, the development of the rejector system design and some research and findings at the Material Design and Engineering Laboratory of the Mechanical Engineering Department F.T. Unsri has produced a design prototype of an EMA-based linear pusher. However, this prototype does not yet have a protection system. The EMA actuator prototype consists of three main domains, namely an electrical unit with the use of DC motors with permanent magnets, mechanical units with pulley transmission systems and reducer gears, and direct-driven through rack, pinion and control units. Therefore, this pusher system requires a protection system, especially in DC motors to avoid over-current protection (over-current protection) and

excessive heat (thermal protection). By using hardware architecture and several sensors, a low-cost but reliable control system and monitoring unit is produced that successfully guarantees protection against DC motors and provides several 'fail-safe' features.

Keywords : Logistic, Sorter, Pusher, Protection

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis, sehingga bisa menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PROTEKSI PANAS YANG TERINTEGRASI PADA AKTUATOR PUSHER BERBASIS MOTOR DC” sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan, bantuan, saran dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis menyaymakan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan banyak waktu, ilmu yang bermanfaat dan motivasi untuk terus berkembang dalam menyelesaikan penulisan proposal skripsi ini.
2. Seluruh Dosen di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas ilmu, nasihat dan bimbingan selama proses perkuliahan.
3. Seluruh Staff di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas bantuannya selama proses perkuliahan.
4. Bapak Herizal Alamsyah selaku Asisten Manajer di PT Bukit Asam Tbk yang telah memberikan izin serta support untuk terus melanjutkan proses perkuliahan.
5. Kedua Orang Tua beserta adik-adik yang telah memberikan doa dan dukungan selama proses perkuliahan.
6. Rekan-rekan di Teknik Mesin kelas D3-S1 Angkatan 2016,2017, dan 2018 yang telah menemani, membantu dan mendukung dalam keseharian selama proses perkuliahan hingga penyusunan proposal skripsi ini.
7. Rekan-rekan di PT Bukit Asam Tbk yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses perkuliahan.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang sudah diberikan kepada penulis dengan rahmat dan karunia-Nya. Penulis mohon maaf atas segala kesalahan

yang pernah dilakukan. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat meningkatkan kualitas dari skripsi ini sehingga dapat memberikan manfaat bagi yang membacanya.

Palembang, Juli 2020

Dienul Hafizh

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvii
KATA PENGANTAR.....	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Desain dan Prototipe Awal	7
2.2 Rejector atau Pusher	9
2.2.1 Tipe Flipper	9
2.2.2 Tipe Air Jet.....	10
2.2.3 Tipe <i>Trip</i>	10
2.2.4 Tipe Pusher	11
2.2.5 Tipe Dropout	11
2.2.6 Tipe Turning.....	12
2.2.7 Tipe Carrier	12
2.2.8 Tipe Up and Out.....	12
2.2.9 Tipe Shuttle	13
2.2.10 Tipe <i>Chute</i>	13

2.3	Driver Motor L298N.....	14
2.4	Arduino Uno	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Diagram Alir	19
3.2	Prosedur Penelitian	19
3.2.1	Analisis	20
3.2.2	Desain	20
3.2.3	Implementasi.....	20
3.2.4	Pengujian	21
3.3	Pengumpulan Data	21
3.3.1	Jenis Data.....	21
3.3.2	Teknik Pengumpulan Data.....	22
3.3.3	Alat dan Bahan.....	22
3.4	Jadwal Penelitian	22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Pendahuluan	23
4.2	Implementasi Rancangan ke Prototipe.....	24
4.2.1	Sistem Proteksi Pasif	25
4.2.2	Sistem Proteksi Aktif.....	26
4.3	Uji Coba Prototipe	28
4.3.1	Hasil Uji Coba Sistem Proteksi Pasif	29
4.3.2	Hasil Uji Coba Sistem Proteksi Aktif.....	31
4.4	Pembahasan.....	32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran	35
DAFTAR PUSTAKA		37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Sistem <i>rejector</i> dan <i>sorter</i> pada konveyor	1
Gambar 1.2. <i>Pusher</i> linier berbasis pneumatik	2
Gambar 1.3. Prototipe <i>pusher</i> linier berbasis EMA (existing).....	3
Gambar 1.4. Aktuator linier berbasis motor PMDC	3
Gambar 2.1. Fabrikasi prototipe EMA untuk <i>pusher</i>	7
Gambar 2.2. Purwarupa CAD 3D dari sistem <i>pusher</i> linier	8
Gambar 2.3. Purwarupa sistem EMA dan <i>pusher</i> linier	8
Gambar 2.4. Pengujian serta validasi gerak dari sistem EMA dan <i>pusher</i>	9
Gambar 2.5. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>flipper</i>	10
Gambar 2.6. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>air jet</i>	10
Gambar 2. 7. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>trip</i>	11
Gambar 2.8. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>pusher</i>	11
Gambar 2.9. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>dropout</i>	11
Gambar 2.10. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>turning</i>	12
Gambar 2.11. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>carrier</i>	12
Gambar 2.12. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>up and out</i>	13
Gambar 2.13. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>shuttle</i>	13
Gambar 2.14. Sistem <i>rejector</i> tipe <i>chute</i>	13
Gambar 2.15. Modul driver motor L298N.....	14
Gambar 2.16. <i>Pinout</i> dari modul L298N	15
Gambar 2.17. Pengaruh IC terhadap tegangan pada modul driver motor L298N	15
Gambar 2.18. Blok Diagram L298N.....	16
Gambar 2.19. Mikrokontroler Arduino Uno	17
Gambar 3.1. Diagram Alir	19
Gambar 4.1. Skema dan bentuk fisik <i>pusher</i> dari aktuator EMA.....	23
Gambar 4.2. Integrasi perangkat sistem proteksi pasif pada <i>pusher</i>	25
Gambar 4.3. Konfigurasi dan letak <i>limit switch</i> A dan B pada <i>pusher</i>	26
Gambar 4.4. Diagram blok dari sistem proteksi aktif pada <i>pusher</i>	27
Gambar 4.5. Algoritma <i>coding</i> untuk sistem proteksi aktif.....	28
Gambar 4.6. Posisi awal <i>pusher</i>	29
Gambar 4.7. Posisi akhir <i>pusher</i>	30

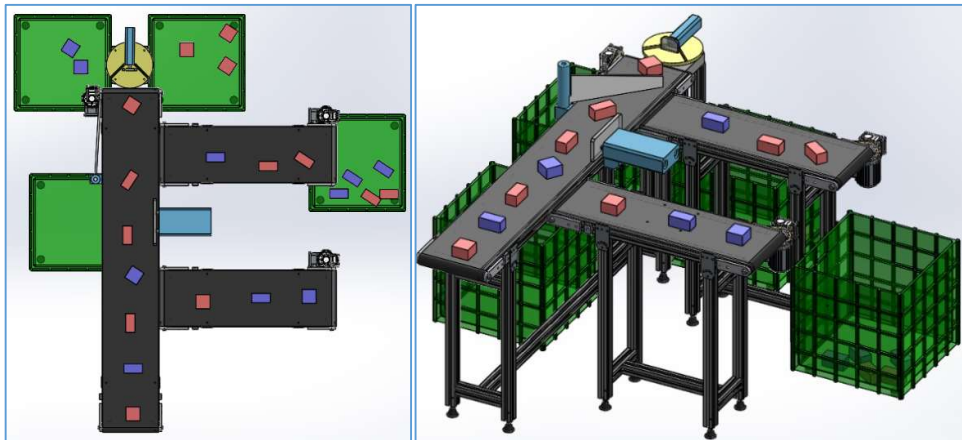
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Posisi awal <i>pusher</i> (sebelum diintegrasikan)	29
Tabel 4.2. Posisi akhir <i>pusher</i> (sebelum diintegrasikan)	29
Tabel 4.3. Posisi awal <i>pusher</i> (setelah diintegrasikan)	30
Tabel 4.4. Posisi akhir <i>pusher</i> (setelah diintegrasikan).....	30
Tabel 4.5. Hasil uji coba awal.....	31
Tabel 4.6. Hasil uji coba kinerja sistem proteksi aktif.....	31

BAB 1 PENDAHULUAN

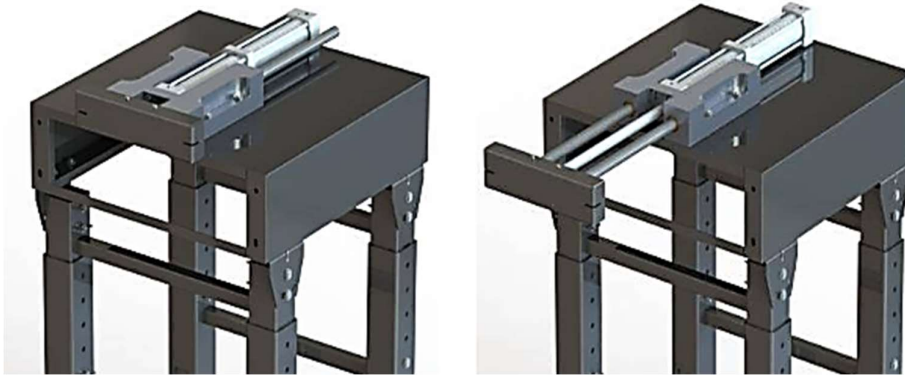
1.1 Latar Belakang

Dalam bidang logistik, penyortir atau *sorter* adalah sistem yang melakukan penyortiran produk (barang, koper, surat, dll.) sesuai dengan tujuan penempatan dari produk tersebut (Boysen et al., 2019). Sortasi atau *sortation* adalah proses mengidentifikasi item pada sistem konveyor dan mengalihkannya ke tujuan tertentu. Jenis penyortir yang umum adalah sistem penyortir berbasis konveyor (Boysen et al., 2019; BOZER et al., 1988; Jayaraman et al., 1997) seperti pada gambar berikut.



Gambar 1.1. Sistem *rejector* dan *sorter* pada konveyor

Beberapa dekade terakhir, sistem otomatisasi konveyor telah menerapkan teknologi hidrolis dan pneumatik sebagai aktuator atau penggerak pada sistem penyortiran (Manohar et al., 2018), terutama sebagai aktuator untuk berbagai tipe *rejector* dan *sorter*, seperti pada gambar berikut.



Gambar 1.2. *Pusher* linier berbasis pneumatik

Di industri penerbangan telah terjadi kecenderungan untuk mengurangi sistem berbasis hidrolis dan pneumatik dengan alasan utama dari bobot komponen sistem yang berat dan tingginya konsumsi energi pada saat pengoperasian (Du et al., 2010). Dengan kata lain, konsep “*More Electrical Aircraft*” atau yang disingkat dengan MEA telah banyak diadopsi pada sistem aktuator pada pesawat terbang (seperti aktuator untuk *rudder*, *flap*, *landing gear*, dsb.) dimana penggunaan aktuator berbasis energi elektrikal sebagai pengganti sistem hidrolis konvensional (Manohar et al., 2018), dengan tujuan utama untuk mengurangi bobot, kompleksitas, konsumsi bahan bakar, biaya operasional, dan dampak terhadap lingkungan (Cao et al., 2012). Dengan menerapkan penggantian aktuator linier berbasis hidrolis dan pneumatik dengan yang berbasis *Electromechanical Actuator* atau disingkat dengan EMA, beberapa manfaat yang potensial tersebut diharapkan juga dapat diperoleh dengan penerapan aktuator linier berbasis EMA dalam teknologi sistem otomatisasi dan inspeksi produk pada konveyor, yang selama ini didominasi oleh teknologi aktuator berbasis pneumatik (De Volder & Reynaerts, 2010; Drumea et al., 2008; Parikh et al., 2015; Yan, 2016).

Perkembangan desain sistem *rejector* atau yang umum disebut dengan ‘*linear pusher*’ berbasis EMA dan agar dapat terintegrasi dalam sistem otomatisasi inspeksi konveyor masih belum signifikan secara global, sehingga jurnal dan publikasi ilmiah maupun paten yang secara khusus dan spesifik tentang *pusher* berbasis EMA sangat jarang dan sulit dikumpulkan. Walaupun begitu, pengembangan desain sistem *rejector* dan beberapa penelitian dan penemuan pada

Laboratorium Desain dan Rekayasa Material Jurusan Teknik Mesin F.T. Unsri telah menghasilkan sebuah prototipe rancangan dari *linear pusher* berbasis EMA. Aktuator EMA tersebut terdiri dari tiga domain utama, yaitu unit elektrikal dengan penggunaan motor DC dengan magnet permanen (PMDC), unit mekanikal dengan sistem transmisi puli dan gigi *reducer, direct-driven* melalui gigi *rack* dan *pinion* dan unit kendali. Model awal dari prototipe *pusher* ini dapat dilihat pada Gambar 1.3 dan Gambar 1.4 berikut.



Gambar 1.3. Prototipe *pusher* linier berbasis EMA (existing)



Gambar 1.4. Aktuator linier berbasis motor PMDC

Oleh karena itu, sistem *pusher* ini memerlukan sistem proteksi terutama pada motor PMDC agar terhindar dari kelebihan arus (*over-current protection*) (BOZER et al., 1988) dan panas berlebih (*thermal protection*) (Zhang et al., 2010). Dengan menggunakan arsitektur perangkat keras dan beberapa sensor dihasilkan sebuah sistem kendali dan unit monitoring yang berbiaya murah namun handal (*low-cost*

and *reliable*) (Ali et al., 2003). Dari hasil eksperimen, unit tersebut berhasil menjamin proteksi terhadap motor DC dan menyediakan beberapa fitur '*fail-safe*' (Koutroulis et al., 2003). Pada alat ini digunakan *receiver* dan *transmitter* sebagai pengirim dan penerima sinyal siklus kerja dari motor DC mempermudah dan mengembangkan sistem pemantauan pada motor DC dalam memantau suhu motor, kecepatan putar dan arus berlebih pada motor DC secara nirkabel. Sinyal yang dikirimkan pada proses ini merupakan nilai dari siklus kerja untuk motor DC sehingga tegangan yang terdapat pada motor DC sesuai dengan siklus kerja. Yang pada akhirnya operator akan menerima hasil pembacaan sensor. Inilah fungsi dari Arduino Uno yang berfungsi sebagai *interface* antara *receiver* dan *transmitter*.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini akan membahas permasalahan utama yaitu apa pengaruh dari kinerja elektrikal dan mekanikal pada aktuator *pusher* dan bagaimana mengatasinya.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah yang mencakup beberapa hal agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan baik. Berikut batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Analisis tegangan listrik DC.
2. Karakteristik arus yang berhubungan dengan beban mekanikal baik dari internal EMA maupun eksternal.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa tegangan listrik DC dan karakteristik arus yang berhubungan dengan beban mekanikal.
2. Menghasilkan sistem *monitoring* dan proteksi kelistrikan pada alat prototipe yang secara real time meng-akuisisi data primer, terutama data yang mencakup dan kondisi aktuator EMA dari *pusher*, seperti kecepatan

putaran motor DC, arus berlebih, dan suhu pada rangkaian *H-bridge* dan *power-supply*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sistem proteksi pada prototipe dengan tujuan memaksimalkan kinerja dari prototipe.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Y. S. E., Noor, S. B. M., Bashi, S. M., & Hassan, M. K. (2003). Microcontroller performance for DC motor speed control system. *Proceedings. National Power Engineering Conference, 2003. PECon 2003.*, 104–109. <https://doi.org/10.1109/PECON.2003.1437427>
- Boysen, N., Briskorn, D., Fedtke, S., & Schmickerath, M. (2019). Automated sortation conveyors: A survey from an operational research perspective. *European Journal of Operational Research*, 276(3), 796–815. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.014>
- BOZER, Y. A., QUIROZ, M. A., & SHARP, G. P. (1988). An Evaluation Of Alternative Control Strategies And Design Issues For Automated Order Accumulation And Sortation Systems. *Material Flow*.
- Cao, W., Mecrow, B. C., Atkinson, G. J., Bennett, J. W., & Atkinson, D. J. (2012). Overview of electric motor technologies used for more electric aircraft (MEA). *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. <https://doi.org/10.1109/TIE.2011.2165453>
- De Volder, M., & Reynaerts, D. (2010). Pneumatic and hydraulic microactuators: A review. In *Journal of Micromechanics and Microengineering*. <https://doi.org/10.1088/0960-1317/20/4/043001>
- Drumea, A., Vasile, A., Svasta, P., & Ilie, I. (2008). Modelling and simulation of simple mechatronic system - Position control solution based on linear variable inductor displacement transducer. *Proceedings - 2008 2nd Electronics Systemintegration Technology Conference, ESTC*. <https://doi.org/10.1109/ESTC.2008.4684354>
- Du, X., Dixon, R., Goodall, R. M., & Zolotas, A. C. (2010). Modelling and control of a high redundancy actuator. *Mechatronics*. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2009.09.009>
- Jayaraman, A., Narayanaswamy, R., & Gunal, A. K. (1997). A sortation system model. *Proceedings of the 29th Conference on Winter Simulation - WSC '97*, 866–871. <https://doi.org/10.1145/268437.268667>
- Koutroulis, E., Chatzakis, J., Kalaitzakis, K., Manias, S., & Voulgaris, N. C. (2003). A system for inverter protection and real-time monitoring. *Microelectronics Journal*. [https://doi.org/10.1016/S0026-2692\(03\)00134-4](https://doi.org/10.1016/S0026-2692(03)00134-4)
- Manohar, G. A., Vasu, V., & Srikanth, K. (2018). Development of a high redundancy actuator with direct driven linear electromechanical actuators for fault-tolerance. *Procedia Computer Science*, 133, 932–939. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.089>
- Parikh, P., Modi, N., & Prajapati, R. (2015). Control of Industrial Pneumatic & Hydraulic Systems using Serial Communication Technology & Matlab. *International Journal for Scientific Research & Development| Vol. 3, Issue 10, 2015 | ISSN (Online): 2321-0613*, 3(December), 2321–2613.

<https://doi.org/10.1109/IROS.2008.4650959>

Yan, F. (2016). FUNDAMENTAL PRINCIPLES. In *Corepresentation of Grammatical Structure* (pp. 14–30). University of Minnesota Press. <https://doi.org/10.5749/j.ctts99p.5>

Zhang, P., Lu, B., & Habetler, T. G. (2010). An active stator temperature estimation technique for thermal protection of inverter-fed induction motors with considerations of impaired cooling detection. *IEEE Transactions on Industry Applications*. <https://doi.org/10.1109/TIA.2010.2057391>