



TUGAS AKHIR – LI1956404

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGOPERASIAN
PADA *BED PATIENT ELECTRIC***

m

Oleh:

Achmad Ibnu Malik

NRP. 33112301035

Dosen Pembimbing:

Mohammad Nur, S.Si., M.T. Pembimbing I

Muhammad furqon, M.T. Pembimbing II

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK
INDUSTRI**

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026



TUGAS AKHIR – LI1956404

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGOPERASIAN
PADA *BED PATIENT ELECTRIC***

Oleh:

Achmad Ibnu Malik

NRP. 33112301035

Dosen Pembimbing:

Mohammad Nur, S.Si., M.T. Pembimbing I

Muhammad furqon, M.T. Pembimbing II

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK
INDUSTRI**

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi :

Nama : Achmad Ibnu Malik

NRP : 33112301035

Prodi : D3 Teknik Listrik Industri

Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul Rancang Bangun Sistem Pengoperasian Pada *Bed Patient Electric*:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari

kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Sampang, 7 Juli 2026



Achmad Ihsan Malik

NRP. 33112301035

LEMBAR PENGESAHAN LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM PENGOPERASIAN RANCANG BANGUN SISTEM PENGOPERASIAN PADA *BED PATIENT ELECTRIC* PADA *BED PATIENT ELECTRIC*

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Ahli Madya Teknik

Pada
Pada
Jurusan Teknologi Elektro
Jurusan Teknologi Elektro
Politeknik Negeri Madura

Oleh :

Achmad Ibnu Malik

NRP:33112301035

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 28 Juli
Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 28 Juli
2026 dan telah sesuai dengan ketentuan

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Mohammad Nur, S.Si., M.T. (Pembimbing I)
2. Muhammad Furqon, M.T. (Pembimbing II)
3. Ahmad Mustofa, SKom, MKom. (Penguji I)
4. Firman Matinu Sigit, SST, MIT. (Penguji II)
5. Dr. Kukuh Widarsono, ST, MIT. (Penguji III)
6. Letkol Laut (E) Endin Tri Hartanto, A.Md., S.T., M.T., M.Tr.
Opsla (Penguji IV)

Sampang Juni, 2026

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Pengoperasian Pada *Bed Patient Electric*
Penulis : Achmad Ibnu Malik
NRP : 33112301035
Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.
Ditandatangani di Gedung A, Politeknik Negeri Madura.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Muhammad Furqon, M.T.
NIP. 199408102024061001

Dosen Pembimbing I



Mohammad Nur, S.Si., M.T.
NIP. 198605082019031007

Koordinator Program Studi

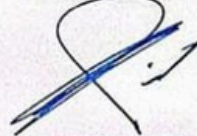
Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
NIP. 199405312019031009

Ketua Jurusan

Teknologi Elektro



Mohammad Nur, S.Si., M.T.
NIP. 198605082019031007

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENGOPERASIAN PADA *BED PATIENT ELECTRIC*

Nama : Achmad Ibnu Malik

NRP : 33112301035

Dosen Pembimbing I : Mohammad Nur, S.Si., M.T.

Dosen Pembimbing II : muhamad Furqon, M.T.

ABSTRAK

Kenyamanan dan keselamatan pasien (*patient safety*) merupakan prioritas utama dalam pelayanan rumah sakit. Namun, banyak rumah sakit masih menggunakan ranjang manual yang menyulitkan pasien dalam mengubah posisi dan berisiko menyebabkan luka tekan (*ulkus dekubitus*). Di RSUD dr. Mohammad Zyn Kabupaten Sampang, ditemukan unit ranjang elektrik yang terbengkalai karena kerusakan sistem kontrol, meskipun aktuator linearnya masih berfungsi baik. Penelitian ini bertujuan merancang bangun sistem operasi *bed patient electric* yang ekonomis (*low-cost*) untuk mengoptimalkan kembali aset tersebut. Metode yang digunakan adalah rancang bangun eksperimental dengan membuat modul kendali menggunakan sistem pembalikan polaritas (*polarity reversal*). Komponen utama yang digunakan meliputi 2 unit *linear actuator* 24VDC, *relay* 8-pin (DPDT), saklar DPDT, dan 6 unit *pushbutton* sebagai antar muka kontrol. Hasil perancangan menunjukkan sistem mampu menggerakkan bagian kepala, kaki atau lutut, dengan mengatur

posisi ranjang secara independen maupun kombinasi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem operasi yang dirancang berhasil mengfungsikan kembali ranjang elektrik dengan biaya terjangkau dan memudahkan pasien mengubah posisi secara mandiri.

Kata Kunci: Ranjang Pasien Elektrik, Aktuator Linear, Sistem Operasi, *Patient Safety, Low-Cost.*

DESIGNING AN OPERATING SYSTEM FOR ELECTRIC HOSPITAL BEDS

Name : Achmad Ibnu Maliik

NRP : 33112301035

Supervisor I : Mohammad Nur, S.Si., M.T.

Supervisor II : Muhammad Furqon, M.T.

ABSTRACT

Patient comfort and safety (patient safety) are the main priorities in hospital services. However, many hospitals still use manual beds which make it difficult for patients to change positions and increase the risk of pressure sores (decubitus ulcers). At RSUD dr. Mohammad Zyn, Sampang Regency, several electric bed units were found abandoned due to control system damage, even though the linear actuators were still functioning well. This research aims to design and build an economical (low-cost) electric bed patient operating system to re-optimize these assets. The method used is experimental design by creating a control module using a polarity reversal system. The main components used include 2 units of 24VDC linear actuators, 8-pin relays (SPDT), DPDT switches, and 8 units of pushbuttons as the control interface. The design results show that the system is capable of moving the head, legs, knees, and adjusting the bed height

independently or in combination. The conclusion of this research is that the designed operating system successfully reactivated the electric bed at an affordable cost and made it easier for patients to change positions independently.

***Keywords : Electric Patient Bed, Linear Actuator,
Operating System, Patient Safety, Low-Cost***



Tugas Akhir TLI

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Listrik Industri jurusan Teknologi Elektro di Politeknik Negeri Madura.

Dalam tugas akhir ini, penulis Menyusun laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang bangun Sistem Pengoperasian Pada *Bed Patient Electric*”**.

Laporan Tugas Akhir ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., MT., Direktur Politeknik Negeri Madura .
2. Bapak M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik.
3. Bapak Mohammad Nur, S.Si., M.T. Ketua Jurusan Teknologi Elektro selaku dosen pembimbing 1.

4. Bapak Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. Sekretaris
Jurusan Teknologi Elektro.
5. Bapak Bayu Praharsena, S.ST., M.T Koordinator
Program Studi D3 Teknik Listrik Industri
6. Muhammad Furqon, M.T. Pembimbing II
7. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri
Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis
menempuh pendidikan di Politeknik Negeri Madura
8. Terima kasih buat Karl Marx yang udah bikin teori
perjuangan kelas. Teori beliau beneran kepakai pas saya
ngeliat perjuangan kelas berat antara jemari tangan lawan
panasnya solderan.
9. Buat Vladimir Lenin, makasih atas kutipan “Apa yang
Harus Dilakukan?”nya. Itu kalimat refleksi yang selalu keluar
dari mulut saya tiap kali ngeliat rangkaian alat dadakan
ngeluarin asap tipis warna abu-abu.
10. Makasih juga buat Che Guevara, revolusioner sejati.
Berkat beliau saya paham kalau semangat gerilya itu wujud
nyatanya ya ngerjain revisi laporan berjam-jam di warkop
berpindah-pindah demi nyari Wi-Fi gratisan.
11. Dan buat Mao Zedong, makasih udah ngajarin konsep
Lompatan Jauh ke Depan. Taktik itu resmi saya



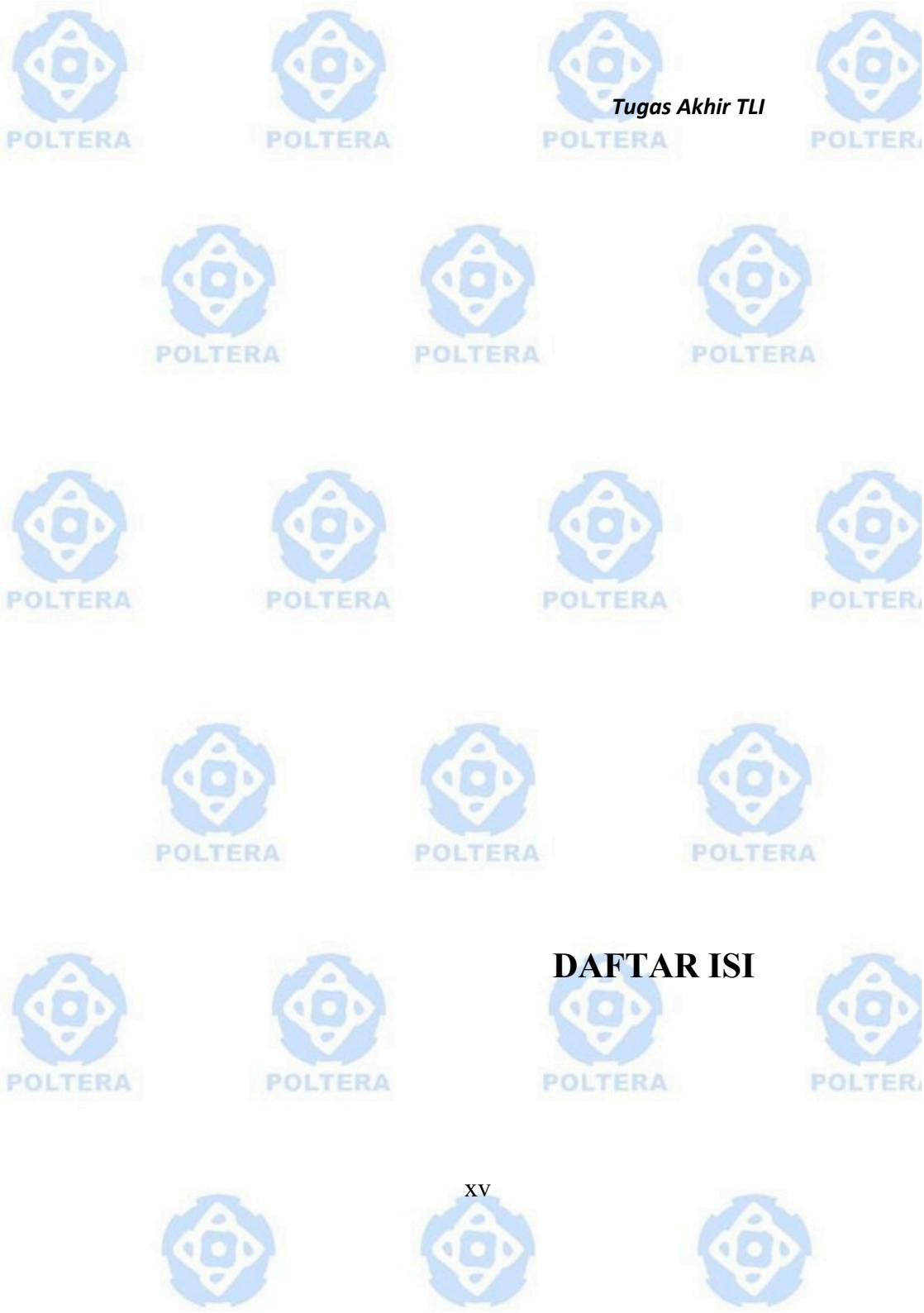
Tugas Akhir TLI

pakaikan ke tenggat waktu tugas akhir yang tiba-tiba udah tinggal dua hari lagi padahal alat belum di-casing.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 28 Juli 2026

Achmad Ibnu Malik
NRP. 33112301035



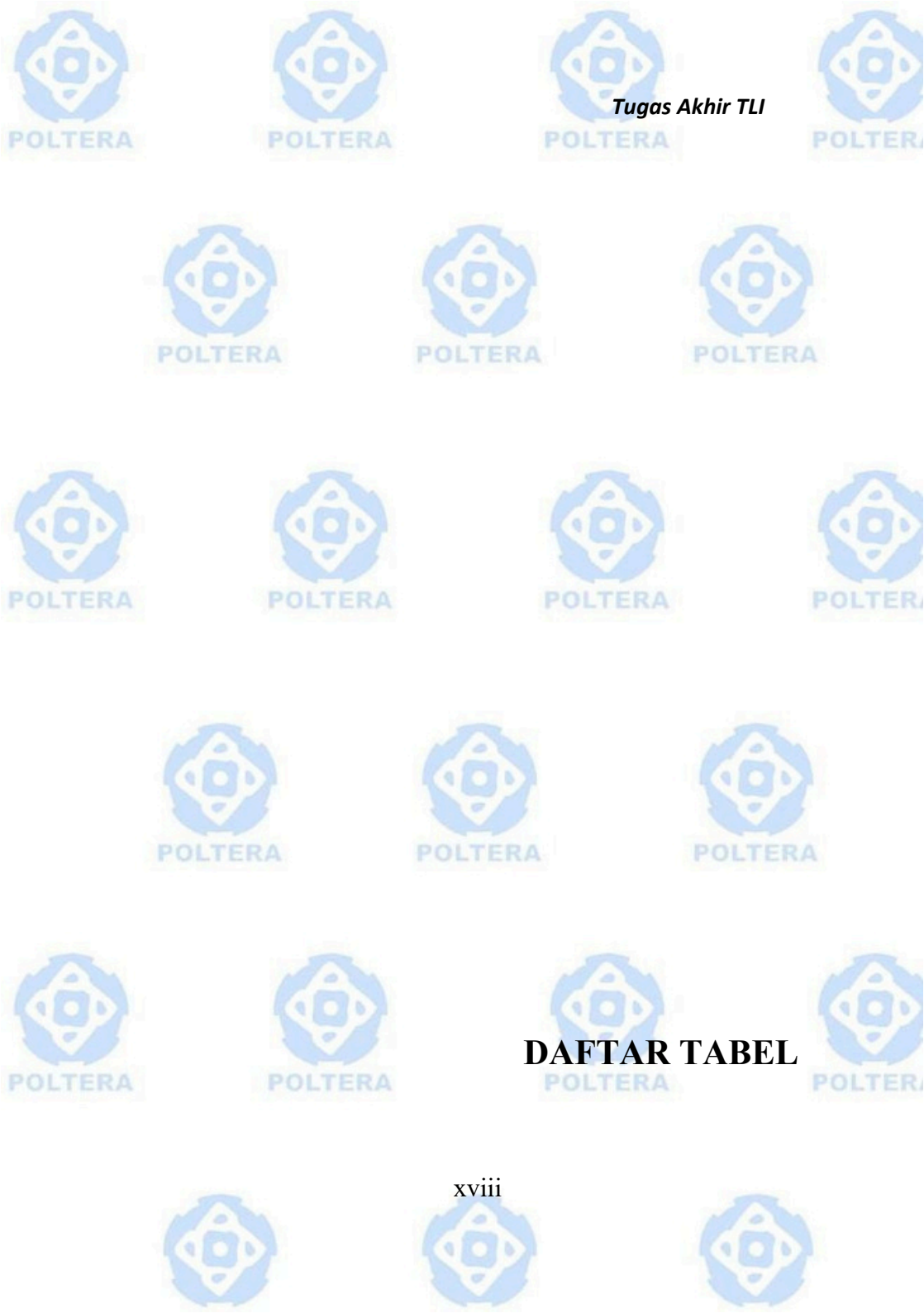
Tugas Akhir TLI

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxiv
DAFTAR SINGKATAN	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan	6
1.5 Manfaat.....	7
BAB II TINJUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Sebelumnya	9
2.2 Landasan Teori	13
2.2.1 <i>Patient Safety</i>	13
2.2.2 Prinsip Konversi Energi Elektromekanik	13

2.2.3 Teori Pengendalian Arus dan Proteksi Sistem ..	14
BAB III METODELOGI PENELITIAN	18
3.1 Tahapan Penelitian	18
3.2 Diagram Alir Penelitian	19
3.2.1 Studi Literatur	21
3.2.2 Pembuatan <i>Wiring Diagram</i>	22
3.2.3 Penentuan Spesifikasi Alat	24
3.2.4 Desain Rancang Bangun Hardware	28
3.2.5 Pengujian Alat (Integrasi Sistem)	32
3.2.6 Pengambilan Data dan Analisis	33
3.2.7 Estimasi Harga Komponen.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Penjelasan Konfigurasi Sistem Pengoperasian	35
4.2 Pengujian Sistem Pergerakan Ranjang	37
4.3 Analisis Kegagalan Torsi Mekanis Aktuator pada Beban	37
4.4 Solusi Ketika Terjadi (<i>Troubleshooting</i>)	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52



Tugas Akhir TLI

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Jurnal	12
Tabel 3. 1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	18
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat dan Bahan	24
Tabel 3. 3 Rencana Anggaran Biaya	33
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Logika Kendali	37
Tabel 4. 2 Data Pengujian Batas Beban	38
Tabel 4. 3 Data pengujian karakteristik waktu kerja aktuator	44
Tabel 4. 4 Faktor penyebab variasi durasi	45

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Alur Pengerjaan Tugas Akhir	21
Gambar 3. 2 Desain Schematic Sistem Operasi Ranjang Pasien Elektrik	23
Gambar 3. 3 Desain PCB Rangkaian Sistem Pengoperasian	23
Gambar 3. 4 Linear Actuator 24VDC	25
Gambar 3. 5 Relay DPDT 8 Pin	26
Gambar 3. 6 Power Supply 24VDC	27
Gambar 3. 7 Push Button	28
Gambar 3. 8 Desain Kerangka ranjang	29
Gambar 3. 9 Flowchart Sistem Kerja Alat	31

Tugas Akhir TLI

DAFTAR SINGKATAN

DAFTAR SINGKATAN

AC : *Alternating Current* (Arus Bolak-balik)

DC : *Direct Current* (Arus searah)

DPDT : *Double Pole Double throw*

SMPS : *Single Pole Double Throw*

PCB : *Printed Circuit Board*

NPUAP : *National Pressure Ulcer Advisory
Pane*

APB : *Automatic Patient Bed*

NO : *Normally open*

NC : *Normally off*

LED : *Light Emitting Diode*

RPM : *Rotation Per Minute*

N : *Newton*

Lembar ini sengaja dikosongkan



Tugas Akhir TLI



BAB I



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit adalah tempat dimana kenyamanan pasien merupakan hal terpenting untuk mendukung proses pengobatan dan penyembuhan dalam masa perawatan, utamanya pada fasilitas yang berentuhann langsung dengan pasien seperti alat-alat kedokteran dan yang tak luput dari pembahasan yaitu ranjang atau tempat tidur bagi pasien. Jika terjadi suatu *incident* yang diakibatkan dari terrlalu lamanya tubuh pasien dengan posisi yang sama karena susahny untuk bergerak , hal ini dapat menimbulkan resiko pada kesehatan tubuh dalam aspek *ergonomic*. Karena banyaknya *factor* yang dapat menghambat atau memperlama proses penyembuhan pasien, maka pelayanan kesehatan mengutamakan keselamatann pasien utamanya dalam masa penyembuhhan saat dirumah sakit. Gerakan Keselamatan Pasien Rumah Sakit atau yang dikenal denga sebutan *patient safety* yaitu bentuk upaya untuk memberikann pelayanan rumah sakit terhadap pasien yang lebih aman, salah satunya yaitu mencegah terjadinya cedera yang disebabkan oleh kesalahan akibat

melaksanakan suatu tindakan atau tidak mengambil tindakan sama sekali[1].

Hal ini berbanding lurus dengan data riset Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2025) yaitu tingkat kepuasan pasien terhadap layanan rumah sakit berada pada angka 76%, yang artinya masih 24% mereka kurang puas dengan layanan yang telah di berikan, termasuk dalam hal kenyamanan fasilitas. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa salah satu fasilitas paling penting di ruang rawat inap adalah tempat tidur atau ranjang pasien (*hospital bed*).

Akan tetapi, kebanyakan rumah sakit umumnya tempat tidur atau ranjang pasien yang tersedia masih menggunakan sistem manual terlebih rumah sakit pada kelas ekonomi, dimana metode penggunaanya yaitu menggunakan tuas atau engkol yang harus diputar dengan cara manual atau menggunakan tenaga manusia untuk menaikkan atau menurunkan sandaran. Cara yang demikian seringkali dirasa berat dan melelahkan, baik bagi perawat ataupun keluarga pasien yang menjaga[2].

Kendala utama dari sistem manual seperti ini yaitu susahnya bagi seorang pasien untuk mengubah posisi berbaring yang ergonomis atau sesuai dengan kenyamanan pasien. Pasien dengan kondisi fisik yang lemah atau tidak

kuat akan sangat tidak mungkin untuk memutar tuas itu sendiri yang bertujuan untuk mengubah posisi yang sesuai dengan ergonomi atau kenyamanan badan pasien itu sendiri. Dampaknya, ketika pasien ingin mengubah posisinya dari terbaring ke posisi duduk atau sebaliknya misalnya, pasien harus memanggil perawat atau meminta bantuan keluarga untuk membantu mengubah posisi ranjang secara manual, proses seperti ini sangat menyusahkan pasien terlebih masih harus menunggu dalam kondisi posisi ergonomi yang tidak sesuai. Sehingga dampak terparahnya adalah sangat dimungkinkan pasien akan mengalami gangguan kesehatan yaitu luka tekan (*ulkus dekubitus*)[2]. Ketergantungan seperti ini tentu kurang nyaman bagi pasien. Selain itu, dari sisi teknis, sistem engkol manual memakan waktu cukup lama untuk diputar dan kebanyakan sering mengalami macet atau seret sebab faktor usia pemakaian, sehingga pelayanan penyembuhan atau pengobatan pasien menjadi kurang efisien.

Kondisi serupa juga ditemukan di RSUD dr. Mohammad Zyn yang bertempat di Kabupaten Sampang, dimana terdapat beberapa unit ranjang pasien elektrik yang tidak terpakai (terbengkalai) karena sudah tidak berfungsi

secara optimal sebab adanya kerusakan pada sistem kontrolnya. Akan tetapi, walaupun sistem kendali dari ranjang pasien elektriknya rusak, berdasarkan hasil observasi bahwa komponen penggerak posisi ranjang yaitu motor atau aktuator linearnya masih dalam kondisi bisa diperbaiki dan digunakan kembali. Sebagai bentuk solusi untuk memecahkan persoalan ini, maka perlu adanya sebuah rancang bangun sistem pengoperasi yang lebih sederhana tetapi handal untuk menggantikan sistem kontrol ranjang elektrik yang rusak, sehingga ranjang elektrik yang terbengkalai dapat digunakan kembali dengan hemat biaya tanpa membeli unit ranjang pasien elektrik yang baru dan sudah tentu mahal harganya.

Solusi ranjang elektrik pasien komersial memang sudah banyak tersedia, namun harganya sangat mahal, sehingga sangat susah bahkan tidak mungkin jika diimplementasikan secara massal[3]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menawarkan solusi *low-cost* yang modern dan efisien. Fokus penelitian ini yaitu membuat rancangan sebuah modul yang dapat dihubungkan pada motor (*linear actuator*) yang bertujuan untuk mengotomatisasi gerakan tempat tidur sesuai dengan kebutuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mempermudah penyusunan proposal penulis membuat rumusan masalah yakni: Bagaimana merancang konfigurasi sistem pengoperasian pada *bed patient electric* agar dapat mengatur arah gerak aktuator melalui tombol?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Aktuator yang digunakan Adalah jenis *Linear Actuator 24VDC* pada ranjang pasien dengann kerangka khusus.
2. Fokus penelitian ini bukan pada pembuatan rangka besi tempat tidur (rangka dianggap sudah ada).
3. Fitur pergerakan mencakup: *Head Raise* (Kepala naik), *Head Lower* (Kepala turun), *Leg Raise* (Kaki naik), dan *Leg Lower* (Kaki turun).

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang tugas akhir ini, maka tujuan pembuatan alat ini yaitu sebagai berikut:

1. Menghasilkan sebuah sistem pengooperasian terhadap ranjang pasien elektrik yang dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan.

2. Menerapkan sistem pembalikan polaritas (*polarity reversal*) melalui relay dan saklar DPDT untuk mengatur tiap titik pergerakan ranjang secara stabil.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang didapatkan dari pembuatan alat untuk tugas akhir ini yaitu:

1. Bagi Pasien: Pasien akan gampang untuk mengatur posisi saat berbaring tanpa harus meminta bantuan dan menunggu perawat untuk mengubah posisi baring pasien.
2. Bagi Tenaga Medis: Sistem Pengoperasian pada *Bed Patient Electric* ini akan mengurangi beban kerja perawat. Dengan tidak lagi kesusahan memutar engkol atau membantu pasien untuk mengubah posisi baringnya secara manual.
3. Bagi Peneliti: Menambah wawasan terkait aplikasi kelistrikan arus searah (DC) dengan perancangan sistem pengoperasiannya dan mekanika aktuator dalam bidang peralatan medis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Untuk memastikan bahwa penelitian ini memiliki pondasi dan dasar yang kuat pada bagian ini peneliti memaparkan beberapa referensi yang menjadi acuan pemikiran dalam perancangan alat **“Rancang Bangun Sistem Pengoperasian Pada *Bed Patient Electric*”**. Adapun referensi yang digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut:

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aditya B, Budijono yang berjudul *“Perancangan ElectricHospital Bed Berbasis Reverse Engineering Dan Kebutuhan Pengguna”* dimana penelitian ini membahas tentang pengembangan *electric hospital bed* untuk mengoptimalkan kenyamanan pasien dan membantu beban kerja tenaga medis didalam merawat pasien. Penelitian ini merancang ulang tempat tidur rumah sakit dengan metode *reverse engineering* dengan menambahkan fitur pengaturan ketinggian, karena tinggi tempat tidur yang tetap dinilai kurang ergonomis. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan motor linear dan mekanisme *linkage* mampu membuat ketinggian tempat tidur lebih fleksibel dan

nyaman digunakan. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa motor linear cocok digunakan pada tempat tidur pasien karena gerakannya stabil, presisi, dan mudah dikendalikan. Dari sisi ergonomi, beberapa studi menegaskan bahwa tempat tidur dengan ketinggian yang dapat diatur dapat mengurangi risiko cedera pada pasien serta meringankan pekerjaan tenaga medis. Berdasarkan hal tersebut, pengembangan *electric hospital bed* dengan mekanisme pengaturan ketinggian masih sangat relevan untuk dilakukan[2].

Penelitian terdahulu yang relevan juga dengan penelitian tugas akhir ini dilakukan oleh Mekongga dkk. Dengan judul ” *Perancangan Aplikasi Android Sebagai Pengendali APB (Automatic Patient Bed) dengan Metode Sekuensial (Waterfall)* ” yang membahas terkait perancangan *Automatic Patient Bed* (APB) untuk membantu perawat memindahkan pasien dari ranjang operasi ke ranjang rawat inap. Pada penelitian ini peneliti menggunakan aplikasi Android sebagai pengendali APB yang sebelumnya masih bekerja secara manual. Aplikasi Android berfungsi mengontrol pergerakan ranjang melalui komunikasi *Bluetooth* dengan *mikrokontroler* menggunakan metode pengembangan perangkat lunak

sekuensial (*water fall*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memindahkan kasur secara otomatis sesuai perintah yang diberikan melalui aplikasi, sehingga mempermudah pekerjaan perawat dan meningkatkan efisiensi pelayanan pasien di rumah sakit. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan sistem kendali berbasis android dan mikrokontroler efektif diterapkan pada tempat tidur pasien dan dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan pengguna[3].

Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Lukman Prasetyo dkk. Judulnya “*Analisis Kekuatan Sistem Aktuator Linier DC Pada Alat Pengangkat Pasien*” yang menganalisis kekuatan aktuator linier DC pada alat pengangkat pasien. Penelitian ini bermaksud untuk membantu tenaga medis dalam memindahkan pasien yang tidak mampu berdiri atau berjalan. Sistem yang dirancang menggunakan aktuator linier DC 12 V dengan prinsip pengungkit dan diuji melalui beberapa tahap pengujian beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktuator mampu bekerja secara stabil dengan beban angkat mendekati 1000 N, sehingga dinilai aman dan efektif untuk aplikasi alat bantu pasien. Penelitian ini memperkuat bahwa aktuator linier DC cocok digunakan pada peralatan medis

yang membutuhkan gerakan angkat dengan beban besar dan kontrol yang sederhana[4].

Tabel 2. 1 Perbandingan Jurnal

Penelitian terkait	Judul Penelitian	Fokus Utama	Komponen Kendali	Tujuan Penelitian
Aditya B, Budijono [2]	Perancangan <i>Electric Hospital Bed</i> Berbasis <i>reverse engineering</i> Dan Kebutuhan Pengguna	<i>Reverse Engineering</i>	Motor Linear	Fokus pada ergonomis ketinggian ranjang.
Mekongga I, Aryanti A, Hasan Y (2018)[3]	Perancangan Aplikasi Android sebagai Pengendali APB (<i>Automatic Patient Bed</i>) Dengan Metode Sekuensial (<i>waterfall</i>)	Otomatisasi APB	<i>Android & Bluetooth</i>	Menggunakan mikrokontroler dan IoT.
Prasetyo L, Nugroho H, Bagus Sampurno T (2023)[4]	Abalisi Kekuatan Sistem Aktuator Linear DC Pada Alat Perangkat Pasien	Kekuatan Aktuator	Aktuator Linear DC	Analisis kekuatan angkat beban 1000N

2.2 Landasan Teori

Pada bagian ini dasar teori yang digunakan sebagai landasan dasar dan acuan untuk mendukung kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir.

2.2.1 Patient Safety

Patient Safety merupakan upaya yang mengutamakan keselamatan pasien dengan beberapa metode atau cara tertentu sesuai dengan standar atau ketentuan medis. Hal ini juga mengupayakan untuk mencegah *harm* atau cedera pada pasien utamanya luka tekan pada saat proses perawatan, termasuk juga mengidentifikasi dan mengelola resiko praktik-praktik yang aman dalam merawat seorang pasien [5].

Menurut *National Pressure Ulcer Advisory Panel* (NPUAP), luka tekan merupakan area jaringan yang cedera pada kulit atau jaringan lunak yang melapisi tulang yang menonjol atau terkait dengan perangkat medis atau peralatan lainnya. Luka tekan terjadi akibat penekanan yang terjadi secara terus menerus dan berkepanjangan atau gesekan pada kulit (NPUAP, 2019)[6].

2.2.2 Prinsip Konversi Energi Elektromekanik

Proses ini dimulai dari motor DC yang mengubah arus listrik searah menjadi energi putar (torsi). Dalam konteks

ranjang pasien, efisiensi adalah kunci. Motor DC dipilih karena memiliki keunggulan pada "torsi awal" yang besar, artinya ia punya kekuatan maksimal justru saat pertama kali dinyalakan untuk mengangkat beban diam (~~pasien~~). dari motor tidak langsung digunakan, melainkan dialirkan melalui sistem *lead screw* (baut ulir) didalam aktuator. Di sinilah terjadi perubahan dari gerak rotasi (berputar) menjadi gerak translasi (maju-mundur). Ibarat sebuah sekrup yang diputar masuk ke dalam kayu, ia akan maju secara perlahan namun memiliki daya dorong yang sangat kuat.

Satu hal yang paling krusial secara ilmiah adalah sifat *self-locking*. Karena sudut kemiringan ulir di dalam aktuator dirancang sedemikian rupa, gaya gravitasi dari berat pasien tidak akan mampu memutar balik motor. Artinya, saat listrik padam, ranjang akan tetap terkunci di posisinya dan tidak akan merosot turun secara tiba-tiba. Inilah landasan teori mengapa sistem mekanik ini sangat aman bagi pasien.

2.2.3 Teori Pengendalian Arus dan Proteksi Sistem

Polarity Reversal Secara teori motor DC sangat fleksibel. Arah geraknya hanya ditentukan oleh arah aliran arus. Di sini kita menerapkan teori pembalikan kutub

(positif ke negatif dan sebaliknya). Dengan menggunakan rangkaian saklar atau *relay*, kita bisa memanipulasi aliran elektron sehingga motor bisa mendorong (untuk menaikkan ranjang) atau menarik (untuk menurunkan ranjang) hanya dengan menekan tombol yang berbeda.

Secara teknis, ada perbedaan besar antara "sinyal perintah" dan "tenaga penggerak". Tombol yang ditekan pengguna tidak langsung mengalirkan listrik besar ke motor (yang bisa berbahaya), melainkan hanya mengirim sinyal kecil ke *relay*. *Relay* bekerja sebagai jembatan elektromagnetik yang memisahkan area kendali manusia dengan area daya tinggi. Ini adalah teori dasar proteksi untuk mencegah sengatan listrik pada pengguna.

Gerak mekanik tidak boleh tanpa batas. Teori proteksi di sini menjelaskan pentingnya pemutusan arus otomatis saat aktuator mencapai titik maksimal atau minimalnya.

Tanpa teori ini, motor akan terus berputar meski posisi sudah mentok, yang bisa mengakibatkan kerusakan mekanik (patah) atau panas berlebih (*overheat*) pada motor.

Agar sistem kendali bekerja presisi, aliran listrik harus tenang dan stabil. Penggunaan *Switching Mode Power Supply* didasarkan pada teori regulasi tegangan yang mengubah listrik AC rumah tangga yang fluktuatif menjadi

listrik DC yang "bersih" dan stabil, sehingga komponen elektronik tidak cepat rusak.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Pada tugas akhir ini penulis menggunakan metode Rancang Bangun (*Experimental Design*). Tahapan dimulai dari identifikasi kebutuhan pengguna (pasien dan perawat), perancangan sistem kendali elektrik menggunakan relay DPDT, hingga perakitan dan pengujian *prototipe*. Fokus utama metode ini adalah menciptakan sistem kontrol *low-cost* yang handal tanpa menggunakan mikrokontroler untuk menjaga kesederhanaan pengoperasian. Pada metode penelitian eksperimen ini terdapat beberapa point yang harus dilakukan oleh peneliti, yaitu:

Tabel 3. 1Prosedur Pelaksanaan Penelitian

No	Prosedur Pelaksanaan Penelitian Eksperimental
1	Melakukan studi literatur melalui beberapa sumber yang relevan dengan judul penelitian yang diangkat dan sesuai
2	Melakukan wiring diagram pengoperasian <i>bedpatientelectric</i>
4	Menentukann spesifikasi alat dan komponen
3	Mendesain rancang hardware pada bagian kerangka bed dan box pengoperasiann serta pembuatannya (box saja)
5	Pengujian Alat
6	Pengambilan Data

3.2 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 adalah *flowchart* pengerjaan tugas akhir yang dilakukan secara menyeluruh. *Flowchart* pengerjaan ini menjelaskan tentang urutan proses dalam penyelesaian alat dari tahap awal hingga akhir. Tahap pertama yaitu mencari referensi yang berkaitan dengan judul tugas akhir, yaitu mengenai keselamatan pasien (*patient safety*), mekanisme *linear actuator*, dan sistem kendali motor atau aktuator yang menjadi faktor pendukung untuk acuan pembuatan tugas akhir.

Kemudian tahap yang kedua yakni mempersiapkan bahan dan alat-alat pendukung seperti aktuator linear 24V, *Swicthing Power Supply* (SMPS), serta mendesain tata letak komponen pada box operasi.

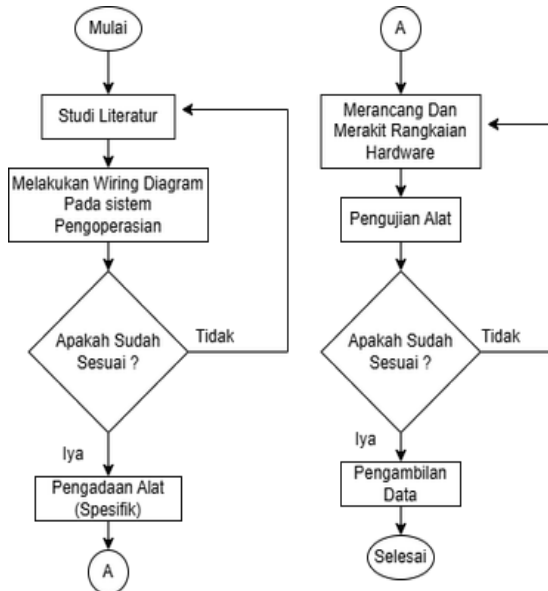
Jika komponen belum sesuai dengan apa yang telah direncanakan atau tidak tersedia, maka akan ditinjau kembali pada tahap perencanaan dan studi literatur. Setelah komponen tersedia, dilakukan perakitan serta pengujian pada tiap komponen fisik secara mandiri untuk memastikan aktuator dapat bergerak dan mengubah posisi *bed patient electric* dengan baik.

Tahap selanjutnya yaitu perencanaan pada sistem pengoperasian terhadap alat meliputi sistem pembalikan

polaritas (*polarity reversal*) menggunakan *relay* pada 6 *push button* untuk mengatur pergerakan 2 aktuator pada ranjang pasien sesuai dengan yang diinginkan, yaitu ketika tombol 1 ditekan maka motor 1 akan maju dan menaikkan bagian kepala, jika tombol 2 yang ditekan maka motor 1 akan mundur dan menurunkan bagian kepala (sebaliknya), dan pada saat tombol 3 ditekan maka motor 2 akan mundur yang tujuannya untuk menurunkan bagian kaki, lalu ketika tombol 4 ditekan maka motor 2 (bagian kaki) akan keluar dan posisi kaki akan ke atas kembali seperti semula, kemudian saat tombol 5 ditekan motor bagian kepala akan naik (motor maju) sekaligus motor bagian kaki akan turun (motor mundur), dan pada saat kita menekan tombol 6 secara otomatis setelah posisi dari tombol 5 akan berganti posisi lurus atau normal yang artinya motor bagian kepala akan mundur sekaligus motor bagian kaki akan maju.

Setelah itu melakukan simulasi pengoperasian untuk melihat apakah sudah sesuai dengan tahap perencanaan yang sudah dirancang, jika masih belum sesuai atau belum tepat maka di lakukan perbaikan pada tahap perencanaan. Jika tahap sebelumnya sudah selesai maka dilanjutkan pada tahap pengujian alat secara utuh (integrasi antara elektrik dan mekanik) untuk memastikan ranjang elektrik dapat

beroperasi dengan stabil. Setelah sistem berfungsi dengan baik dann sesuai dengan tujuan penelitian, maka dilanjutkan dengan melakukan analisis terhadap kinerja alat dan penyusunan kesimpulan sebagai laporan akhir.



Gambar 3. 1 Flowchart Alur Pengerjaan Tugas Akhir

3.2.1 Studi Literatur

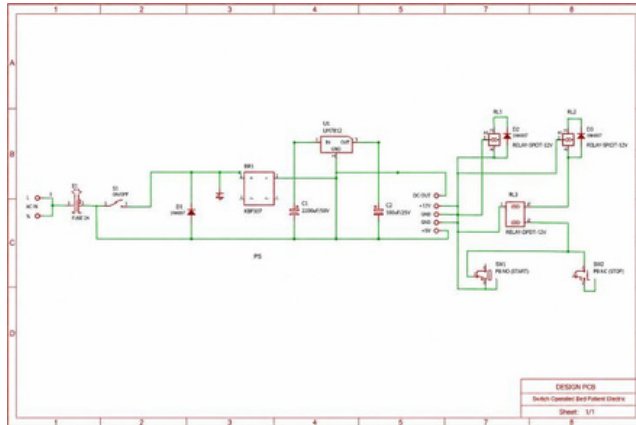
Tahap awal adalah mencari referensi yang berkaitan dengan keselamatan pasien (*patient safety*), mekanisme kerja *linear actuator*, serta sistem kendali motor atau aktuator. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan landasan teori yang kuat mengenai bagaimana sistem mekanik dapat

mengunci posisi secara otomatis (*self-locking*) agar ranjang tidak merosot saat menahan beban pasien

3.2.2 Pembuatan *Wiring Diagram*

Peneliti merancang skema perkabelan (*schematic*) yang menggabungkan rangkaian *power supply* 24V dengan sistem pembalikan polaritas (*polarity reversal*). Rancangan ini bertujuan untuk mengatur arah gerak maju-mundur aktuator hanya melalui konfigurasi relay dan saklar DPDT tanpa perlu pemrograman rumit.

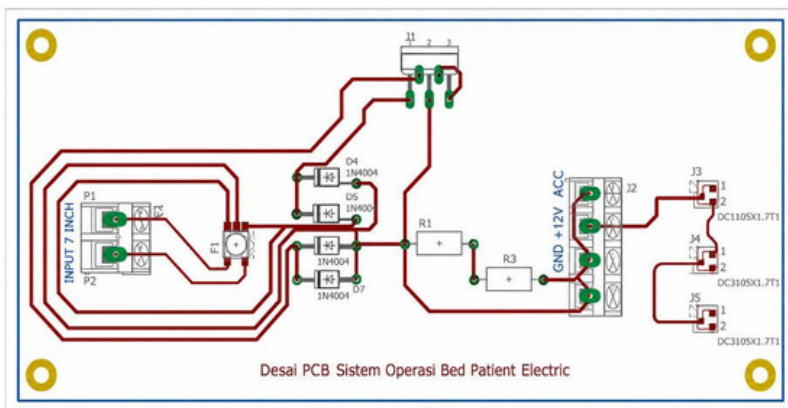
Gambar 3.2 adalah desain *schematic* pada rangkaian sistem operasi untuk *bed patient electric*, dimana rangkaian ini merupakan perpaduan dari rangkaian *power supply* 24v dengan sistem *polarity reversal* untuk mengatur arah gerak aktuator linear sesuai dengan tombol yang di tekan.



Gambar 3. 2 Desain Schematic Sistem

Pengoperasian Ranjang Pasien Elektrik

Dan berikut Gambar 3.3 merupakan *update* dari rangkaian *Schematic* yang dijadikan *PrintCircuit Board* (PCB).



Gambar 3. 3 Desain PCB Rangkaian Sistem Pengoperasian

Pada sistem kendali *bed patient electric* ini dirancang oleh peneliti dengan menggunakan aplikasi *software* EAGLE. Implementasi desain tersebut dibagi ke dalam dua tahapan visualisasi utama, yaitu bentuk skematik kelistrikan dan bentuk tata letak fisik PCB, seperti yang tercantum pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.

3.2.3 Penentuan Spesifikasi Alat

Tabel 3.2 merupakan tabel yang berisi komponen-komponen utama serta spesifikasinya dalam tugas akhir ini.

Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Spesifikasi
1	Linear Actuator 24v	Speed 5mm/s, Tegangan 24VDC, Selflocking & Limit Switch internal.
2	Transformator (Trafo)	Output 24V atau 24V, Arus 2A atau 3 ^a
3	Dioda Penyearah (Bridge Rectifier)	Dioda seri 1N5408. Minimal 3A / 50V
4	Kapasitor IC Voltage Regulator	2200µF hingga 4700µF
5		Tipe: LM7824 (untuk output tetap 24V)
6	Relay 8 Pin (DPDT)	24V DC, Kontak: 10A/250VAC, Tipe: MY2 / LY2
7	Pushbutton	Momentary (Flush), Diameter: 22mm

1. *Linear Actuator*



Gambar 3. 4 Linear Actuator 24VDC

Sumber: <https://share.google/xXXKuGD6PHXhVIJtg>

Linear actuator adalah perangkat mekanik yang mengubah gerak rotasi motor DC menjadi gerak linear (lurus). Di dalamnya terdapat mekanisme *lead screw* yang memungkinkan aktuatur menahan beban meskipun daya listrik dimatikan (*self-locking*), jadi *Actuator Linear* adalah aktuatur yang menghasilkan gerak lurus yaitu maju dan mundur yang digunakan untuk mendorong atau menarik, menaikkan atau menurunkan beban menggunakan sistem kontrol[7].

2. Prinsip Kerja *Linear Actuator*

Cara kerja aktuatur linear yaitu dengan menggunakan mekanisme *lead screw* dimana memungkinkan aktuatur untuk menahan beban tetap pada posisinya meskipun aliran

daya listrik dimatikan. Hal ini memastikan keamanan pasien karena ranjang tidak akan bergerak atau turun sendiri saat menahan beban. Dan arah gerak piston (maju atau mundur) ditentukan oleh polaritas arus DC yang masuk ke motor. Dengan menggunakan sistem pembalikan polaritas (*polarity reversal*) motor dapat bergerak maju untuk menaikkan bagian ranjang atau bergerak mundur untuk menurunkannya sesuai instruksi dari sistem kontrol.

Aktuator linear ini juga dilengkapi dengan saklar pembatas (*limit switch*) internal yang berfungsi untuk memutus aliran listrik secara otomatis saat piston telah mencapai batas maksimum atau minimum pergerakannya guna mencegah kerusakan pada motor.

3. Relay DPDT (*Double Pole Double Throw*)



Gambar 3. 5Relay DPDT 8 Pin

Sumber: <https://share.google/xXXKuGD6PHXhVIJtg>

Relay DPDT merupakan komponen kunci dalam sistem kendali manual- elektrik ini. Relay ini memiliki 8

terminal (pin) yang dikonfigurasi secara menyilang (*cross-wiring*). Dalam sistem ini, DPDT digunakan sebagai sistem pembalik arah (*reversing switch*). Dengan menyilangkan kabel pada terminalnya, arah arus DC dapat dibalik, sehingga motor dapat bergerak maju atau mundur hanya dengan satu saklar.

4. Sistem Distribusi Daya DC (*Switching Power Supply*)



Gambar 3. 6 Power Supply 24VDC

Sumber: <https://share.google/KoThbdaffdA4GzLrH>

Switching Mode Power Supply (SMPS) berfungsi menurunkan tegangan AC 220V dari jala-jala listrik PLN menjadi tegangan rendah DC 24V sesuai dengan kebutuhan actuator linear pada alat yang akan dirancang. Dan pada tugas akhir ini peneliti tidak menggunakan *power supply* yang sudah siap pakai melainkan membuat sebuah rancangan untuk membuat *power supply* 24V yang di gabungkan dengan sistem *polarity reversal* dari *relay* dan saklar dpdt dalam 1 modul atau 1 rangkaian.

3. Push Button



Gambar 3. 7 Push Button

Sumber: <https://share.google/pDQic7QOkkIDV6eF0>

Pushbutton adalah komponen saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan. Dalam penelitian ini, *pushbutton* digunakan sebagai antarmuka utama (*input*) bagi pengguna, baik pasien maupun perawat.

Dalam rancang bangun ini, terdapat 6 *pushbutton* yang berfungsi sebagai pengendali arah pergerakan 2 motor aktuator. Setiap tombol mewakili instruksi spesifik, seperti menaikkan sandaran kepala, menurunkan bagian kaki, hinggamengatur kemiringan posisi kaki dan kepala pasien secarabersamaan.

3.2.4 Desain Rancang Bangun *Hardware*

Peneliti mendesain tata letak *box operasi*, ranjang pasien serta penempatan 4 aktuator pada kerangka ranjang (bagian kepala, kaki, lutut, dan punggung). Desain ini kemudian diwujudkan dalam bentuk fisik, termasuk pembuatan *Printed Circuit Board* (PCB) untuk rangkaian sistem operasinya.

Gambar 3.5 adalah desain kerangka ranjang pasien elektrik yang sudah ada dan dilengkapi dengan 4 aktuator linear sebagai penggeraknya sekaligus *box* sistem operasi pada *bed patient electric*.



Gambar 3. 8Desain Kerangka ranjang

Bed Patient Electric

Pada gambar di atas terdapat *box* untuk sistem operasi pada *bed patient electric* dengan 6 tombol untuk

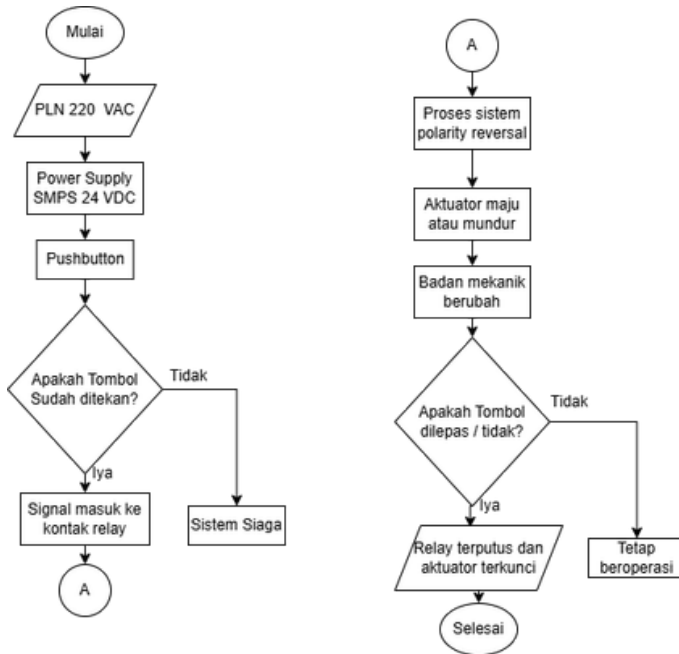
mengaktifkan atau menjalankan aktuator di bagian kepala (naik/turun), Kaki (naik/turun).

Berikut fungsi dari berbagai tombol yang terletak pada box sistem operasi pada ranjang pasien :

1. Tombol 1 untuk menaikkan ranjang di bagian kepal.
2. Tombol 2 untuk menurunkan ranjang dibagian kepala.
3. Tombol 3 untuk menurunkan bagian kaki.
4. Tombol 4 untuk menaikan bagian kaki.
5. Tombol 5 untuk menaikkan bagian kepala sekaligus menurunkan bagian kaki.
6. Tombol 6 untuk menurunkan bagian kepala sekaligus menaikkan bagian kaki (posisi semula).

Selain itu juga, pada gambar di atas terpasanag 2 aktuator linear pada kerangka ranjang dibagian kaki dan kepala.

Gambar 3.9 menjelaskan diagram alir (*flowchart*) logika kerja dari sistem kontrol elektromekanis pada tempat tidur pasien (*bed patient electric*). Secara garis besar, alur kerja sistem ini dibagi menjadi dua tahapan utama yang dihubungkan oleh konektor halaman (simbol "A").



Gambar 3. 9Flowchart Sistem Kerja Alat

Gambar 3.9 menunjukkan diagram alir sistem di mana arus PLN 220 VAC diubah menjadi 24 VDC oleh *power supply*. Ketika tombol ditekan, sinyal masuk ke *relay* untuk memicu pembalikan polaritas (*polarity reversal*) yang menggerakkan aktuator maju atau mundur guna mengubah posisi mekanik tempat tidur. Aktuator akan tetap beroperasi selama tombol ditahan, dan langsung terkunci dengan aman saat tombol dilepas untuk menyelesaikan proses.

3.2.5 Pengujian Alat (Integrasi Sistem)

Setelah perakitan selesai, dilakukan integrasi antara sistem elektrik dan mekanik. Pengujian ini memastikan bahwa:

1. Setiap tombol pada *box* operasi memberikan perintah yang tepat ke aktuator yang dituju.
2. Sistem dapat menaikkan dan menurunkan bagian kepala, kaki, serta ketinggian ranjang secara stabil.
3. Mekanisme keamanan bekerja, di mana *relay* memutuskan aliran listrik seketika saat tombol dilepas.

Dengan cara melakukan uji tanpa beban yaitu dengan Menekan semua tombol satu per satu untuk melihat apakah aktuator bergerak sesuai perintah (misal: tombol kepala ditekan, maka bagian kepala yang naik), lalu melakukan uji dengan beban dengan memberi beban pada ranjang untuk melihat apakah kecepatan aktuator berkurang drastis atau apakah *relay* mengalami panas berlebih, kemudian uji *limit switch* dengan memastikan motor otomatis berhenti saat mencapai batas maksimal panjang aktuator agar tidak merusak kerangka besi ranjang.

3.2.6 Pengambilan Data dan Analisis

Tahap terakhir adalah melakukan simulasi pengoperasian secara menyeluruh untuk melihat kesesuaian antara hasil dengan perencanaan awal. Peneliti menganalisis kinerja alat terhadap beban dan responsivitas tombol, yang kemudian disusun menjadi kesimpulan laporan akhir penelitian.

3.2.7 Estimasi Harga Komponen

Tabel 3. 3Rencana Anggaran Biaya

No	Alat dan Bahan	Jumlah	Harga Satuan	Refrensi
1	Linear Actuator 24v	2	Rp. 250.000	https://id.shp.ee/7j4P5yS
2	Transformator (Trafo)	1	Rp. 70.000	https://id.shp.ee/39CUa3y
3	Dioda Penyearah (Bridge Rectifier)	4	Rp. 5.202	https://id.shp.ee/597Hie3
4	Kapasitor	1	Rp. 1.500	https://id.shp.ee/Vw6FthN
5	IC Voltage Regulator	1	Rp. 2.000	https://id.shp.ee/vaWkXZg
6	Relay DPDT	6	Rp. 10.000	https://id.shp.ee/qcKg5aZ
7	Terminal Blok	1	Rp. 3.000	https://id.shp.ee/1mCKdxE
8		1		
9	Box	6	Rp. 33.250	https://id.shp.ee/4XzYuaW
	Push Button		Rp. 1.650	https://id.shp.ee/4jQikF
Total			Rp. 703.758,00	

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV menjelaskan hasil data mekanis, elektrikal, serta hasil pengujian sirkuit kontrol ranjang pasien elektrik (*Bed Patient Electric*). Pengujian alat melibatkan beberapa jenis pengujian, yaitu:

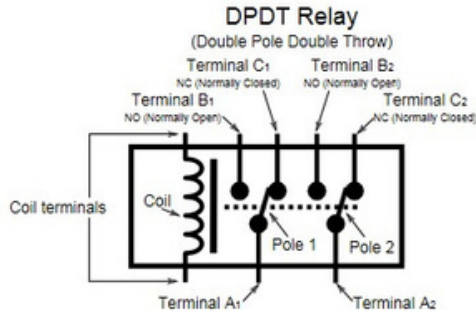
1. Penjelasan Sistem *Input 6 Push Button 6 Relay DPDT*.
2. Pengujian Sistem Pergerakan Ranjang Berdasarkan Penekanan Tombol Manual.
3. Analisis Kegagalan Torsi Mekanis Aktuator Terhadap Beban Terpusat 50 Kg.
4. Solusi Pemecahan Masalah (*Troubleshooting*) Kelistrikan dan Mekanikal.
5. Pengujian Karakteristik Waktu Kerja Aktuator Linear Tanpa Beban

Hasil tes dijalankan secara langsung untuk memastikan sistem kelistrikan bekerja sesuai logika *interlock* dan mendeteksi struktural beban mekanis ranjang.

4.1 Penjelasan Konfigurasi Sistem Pengoperasian

Penjelasan ini membahas tentang konfigurasi kelistrikan yang digunakan pada alat ini. Sistem kendali ini menggunakan 6 buah tombol tekan (*push button*) tipe *Normally Open* (NO) sebagai input, dan 6 buah *Relay*

DPDT (*Double Pole Double Throw*) 8-pin sebagai output. pengatur arah arus DC 24V ke motor aktuator.



Sistem kerja input dirancang menggunakan metode *Inching/Jogging (Manual Non-Latching)* Artinya, arus listrik hanya akan mengalir menuju koil *relay* dan mengaktifkan motor aktuator selama tombol tekan ditahan terus-menerus. Begitu tombol dilepas, kontak internal tombol akan kembali terbuka (NO), memutus arus listrik seketika, dan menghentikan pergerakan motor di posisi terakhirnya. Pembalikan kutub (*polarity reversal*) positif (+) dan negatif (-) sepenuhnya diatur oleh konfigurasi kabel menyilang pada kaki-kaki *relay* DPDT untuk menentukan arah maju (*ekspansi*) atau mundur (*retraksi*) dari batang aktuator.

4.2 Pengujian Sistem Pergerakan Ranjang

Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi kesesuaian fungsi dari keenam tombol terhadap pergerakan aktuator kepala dan kaki, baik untuk gerakan tunggal maupun gerakan kombinasi simultan.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Logika Kendali

No.	Kondisi Relay Terpicu	Status Aktuator Kepala	Status Aktuator Kaki	Kondisi Fisik Ranjang
1	Relay 1 Aktif	Maju	Diam	Sandaran kepala naik
3	Relay 2 Aktif	Mundur	Diam	Sandaran kepala bergerak turun ke posisi semula
4	Relay 3 Aktif	Diam	Mundur	Penopang kaki bergerak turun (posisi menekuk)
5	Relay 4 Aktif	Diam	Maju	Penopang kaki bergerak naik (posisi lurus semula)
6	Relay 5 Aktif	Maju	Mundur	Sandaranm kepala naik sekaligus penopang kaki turun
7	Relay 6 Aktif	Mundur	Maju	Penopang kaki naik sekaligus sandaran kepala tur un

*Catatan : Batas maksimal pergerakan maju atau mundur aktuator sepenuhnya dikontrol oleh *internal limit switch* bawaan pabrik didalam aktutor. Motor akan mati otomatis saat mencapai batas panjang maksimal meski tombol masih ditekan.

4.3 Analisis Kegagalan Torsi Mekanis Aktuator

Pada tahap pengujian operasional riil, system

penggerak ranjang menggunakan pengujian dengan beban asli atau berat badan pasien secara umum yang merata di atas matras ranjang.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui batas batas kemampuan *linear actuator* dalam menaikkan dan menurunkan posisi sandaran kepala maupun penopang kaki berdasarkan variasi berat badan klinis (dari kategori *underweight* hingga obesitas tingkat lanjut).

Berdasarkan pengujian fungsional dengan variasi massa pasien yang berbeda, diperoleh data kinerja motor actuator seperti pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Data Pengujian Batas Beban

Aktuator

No.	Beban (pasien)	Durasi	Status
1	35 kg	30	Normal, berjalan lancar
2	45 kg	detik	Normal, berjalan lancar
3	51 kg	30	Normal, berjalan lancar
4	67 kg	detik	Normal, berjalan lancar
5	68 kg	30	Normal, berjalan lancar
6	80 kg	detik	Normal, berjalan lancar
7	92 kg	30	Berjalan perlahan
8	115 kg	detik	Berjalan perlahan

30

detik

30

detik

38

detik

38

detik

Pada saat motor linear digunakan untuk mengangkat beban yang melebihi kemampuan motor, motor mengalami kondisi tertahan dan terdengar suara berdengung. Kondisi tersebut terjadi karena dua motor linear bekerja secara bersamaan untuk mengangkat beban yang besar, sehingga kebutuhan arus meningkat dan menyebabkan tegangan pada rangkaian kontrol menjadi tidak stabil. Akibatnya, relay 24 VDC dapat mengalami kondisi bergetar (*chattering*) dan menyebabkan sistem kontrol berhenti bekerja.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dapat ditambahkan PTC Resettable Fuse sebagai komponen proteksi arus berlebih pada jalur sebelum relay. PTC bekerja dengan cara meningkatkan nilai resistansinya ketika arus yang mengalir melebihi batas yang ditentukan.

Peningkatan resistansi tersebut menyebabkan arus yang menuju motor menjadi terbatas sehingga motor terlindungi dari kondisi arus berlebih. Setelah beban berlebih dihilangkan dan PTC mengalami pendinginan, nilai resistansinya akan kembali menurun sehingga rangkaian dapat digunakan kembali tanpa perlu mengganti komponen seperti pada fuse konvensional.

Pada penerapannya, satu PTC dipasang sebelum relay,

sehingga apabila salah satu motor mengalami beban berlebih, proteksi hanya bekerja pada relay dan rangkaian tersebut dan tidak langsung memutus motor lainnya. Sebagai contoh, PTC tipe PTR030V0135 memiliki *hold current* sebesar 1,35 A dan *trip current* sebesar 2,7 A, dengan waktu *trip* sekitar 7,3 detik pada kondisi pengujian tertentu. Waktu kerja PTC tidak selalu sama karena dipengaruhi oleh besar arus, suhu lingkungan, dan kondisi beban. Oleh karena itu, nilai PTC harus disesuaikan dengan arus kerja normal motor yang digunakan.

Dengan penambahan PTC Resettable Fuse, sistem memiliki perlindungan terhadap arus berlebih dan dapat kembali digunakan setelah kondisi overload hilang dan PTC mendingin.

4.4 Solusi Ketika Terjadi (*Troubleshooting*)

Jika terjadi kendala operasional atau kegagalan sistem seperti hasil pengujian di atas, langkah-langkah penyelesaiannya adalah sebagai berikut:

1. Sektor Mekanikal

- Mengganti Spesifikasi Aktuator (*Upgrade Torsi*):
Aktuator linear awal wajib diganti dengan tipe *High-Torque/Heavy Duty* yang memiliki *gear ratio* lebih

besar (misalnya kapasitas dorong dinaikkan ke minimal 1500 N hingga 3000 N). Meskipun kecepatan geraknya lebih lambat, gaya dorongnya akan jauh lebih kuat untuk mengangkat beban di atas 50 kg.

- Mengubah Titik Tumpu (*Pivot Point*): Memposisikan ulang bracketudukan aktuator pada rangka bawah ranjang agar membentuk sudut dongkrak yang lebih tegak (minimal 15–30 derajat pada posisi *flat* awal). Hal ini memperbesar momen gaya mekanis saat awal proses pengangkatan.

2. Sektor Kelistrikan & *Hardware*

- Motor Tetap Berjalan saat Tombol Dilepas: Terjadi gejala *arc welding* (kontak *relay* lengket akibat percikanapi arus besar). Solusinya, pasang kapasitor *snubber*atau dioda *flyback* pada kaki terminal motor untukmeredam lonjakan arus induksi balik (*back- EMF*).
- Korsleting saat Gerakan Kombinasi (Tombol 5 atau 6): Pastikan perkabelan interlock pada *Relay 5* dan *Relay 6* dikonfigurasi dengan benar. Kontak NC dari *relay* pembalik harus memutus jalur catu daya utama ke *relay* pasangan lawannya agar kedua kutub *supply* tidak pernah bertemu secara langsung.

- Hentikan penekanan tombol agar aktuator berhenti bekerja.
- Kurangi beban pada ranjang sesuai kemampuan aktuator.
- Tambahkan fuse Fast-Blow 3–5 A pada jalur utama 24 VDC sebagai pengaman arus berlebih.
- Menambahkan mini thermal overload protector 24 VDC pada jalur suplai aktuator. Ketika terjadi beban berlebih yang menyebabkan arus motor meningkat, protector akan memutus suplai secara otomatis sehingga motor berhenti dan terhindar dari panas berlebih. Setelah kondisi beban normal, protector dapat di-reset dan digunakan kembali tanpa mengganti komponen.

4.5 Pengujian Karakteristik waktu Kerja Aktuator

Sebelum dilakukan pengujian mekanis dengan melibatkan beban terpusat dari pengguna, terlebih dahulu dilakukan pengukuran performa *intrinsik* dari masing- masing aktuator linear. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan konstan dan batas durasi waktu tempuh (*travel time*) maksimum yang dibutuhkan oleh sistem mekanis ranjang elektrik untuk bergerak dari posisi awal (*flat 0°*) hingga mencapai titik batas maksimum

pergerakan (*limit switch* internal aktif).

Pengujian ini menggunakan *stopwatch eksternal* dan dilakukan dalam kondisi ranjang kosong tanpa beban pasien (hanya menanggung berat dari konstruksi busa dan rangka besi penopang itu sendiri). Berdasarkan pengujian manual menggunakan sistem interlock 6 *push button* dan 6 *relay* DPDT 8-pin, diperoleh data durasi waktu kerja sebagai berikut:



Tombol Utama	Fungsi Gerakan	Durasi Waktu (Detik)	Standar kecepatan kenyamanan medis (Detik)	Keterangan Batas Kerja
Tombol 1	Menaikkan sandaran kepala	30	25-30	Ideal. Kecepatan lambat mencegah efek <i>motion sickness</i> atau pusing mendadak bagi pasien..
Tombol 2	Menurunkan sandaran kepala	30	25-30	Ideal. Aman dan nyaman saat mengembalikan posisi pasien ke posisi datar (<i>supine</i>)
Tombol 3	Menurunkan penopang kaki	35	25-30	Sesuai. Memberikan keleluasaan sirkulasi darah pada area lutut secara bertahap.
Tombol 4	Menaikkan penopang kaki	35	25-30	Sesuai. Mengangkat kaki secara perlahan untuk meredakan edema atau pegal.
Tombol 5	Naik kepala + Turun kaki	50	25-30	Efisien. Membentuk posisi semi-fowler dengan pembagian arus simultan yang stabil
Tombol 6	Naik kaki + Turun kepala	50	25-30	Efisien. Mengembalikan postur tubuh secara bersamaan tanpa hentakan mekanis berat.

Berdasarkan data durasi pada Tabel 4.4, terlihat adanya perbedaan waktu tempuh yang cukup signifikan antara gerakan tunggal (Tombol 1–4) dan gerakan kombinasi simultan (Tombol 5–6). Meskipun tegangan suplai dari *power supply* dikondisikan konstan pada rating 24V DC, fluktuasi waktu ini dipengaruhi oleh faktor internal mekanis

dan distribusi arus listrik pada sirkuit relay.

Tabel 4. 4 Faktor penyebab variasi durasi

No.	Parameter Pengaruh	Fakta Teknisi pada Alat	Analisis ilmiah dan cara membuktikan
1	Gesekan Mekanis Internal <i>Lead Screw</i>	Hambatan gesek pada ulir penggerak di dalam selubung tabung aktuator linear.	Membandingkan durasi saat aktuator dilepas dari kerangka ranjang (tanpa beban engsel) dengan kondisi terpasang pada rig mekanis ranjang..
2	Reduksi Arus pada Beban Ganda (Simultaneous Load)	Saat Tombol 5 atau 6 ditekan, dua motor aktuator aktif bersamaan. Durasi motor dari 30/35 detik menjadi 50 detik.	Mengukur arus (<i>Ampere</i>) menggunakan <i>clamp meter</i> pada jalur utama. Saat dua motor aktif, terjadi pembagian suplai arus dari <i>power supply</i> yang memicu sedikit penurunan RPM motor.

Berdasarkan kolom Standar kecepatan kenyamanan medis di Tabel 4.3, standar acuan waktu yang ideal adalah 25–30 detik.

Meskipun gerakan kombinasi memakan waktu 50 detik (lebih lambat dari standar ideal tunggal), penulis menyatakan bahwa durasi tersebut tetap aman dan efisien karena kecepatan yang lambat justru mencegah terjadinya efek *motion sickness* (pusing mendadak bagi pasien) serta menghindari sentakan mekanis yang kasar.

Solusi agar keamanan dan standar acuan kesehatan lebih sesuai maka perlu *upgrade* kapasitas dorong aktuator minimal sebesar 1500 N hingga 3000 N (atau minimal 2000

N / setara 200 kg untuk penopang kepala) agar kuat menahan beban dinamis maupun statis dan pemasangan sekering pengaman tipe *Fast-Blow* sebesar 3A atau 5A pada jalur utama *power supply* untuk mencegah lonjakan arus saat motor macet (*stuck*).

BAB V

Kesimpulan Dan Saran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh tahapan perancangan, perakitan, dan pengujian riil pada alat "Rancang Bangun Sistem Pengoperasian Pada *Bed Patient Electric*", dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem kendali elektrik berhasil dibuat secara ekonomis (*low-cost*) menggunakan kombinasi 6 tombol tekan (*push button*) dan 6 buah *relay* DPDT 8-pin untuk mengatur fungsi pergerakan tunggal maupun kombinasi simultan (kepala-kaki) dengan metode pengalihan polaritas arus.
2. Metode kendali manual non-latching (*inching*) bekerja dengan sangat baik dan aman, di mana motor hanya bergerak ketika tombol ditahan dan langsung berhenti mengunci saat tombol dilepas, mencegah pergerakan liar yang membahayakan pasien.
3. Pengujian beban menunjukkan kelemahan mekanis, di mana aktuator kepala yang digunakan tidak mampu mengangkat beban terpusat seberat 50 kg akibat kapasitas torsi motor yang terlalu rendah serta sudut mekanis pengungkit yang kurang optimal.

4. Kinerja Waktu Kerja dan Respon Sistem:

Sistem penggerak aktuator linear berhasil merespon perintah tombol dengan stabil dan sesuai standar kenyamanan medis. Durasi aktual untuk pengoperasian tunggal, yaitu naik/turun sandaran kepala membutuhkan waktu 30 detik, sedangkan penopang bagian kaki untuk memerlukan waktu 35 detik. Adapun pengoperasian kombinasi (simultan), durasi yang dibutuhkan adalah 50 detik, yang terbukti masih berada dalam rentang toleransi ergonomis dan aman bagi pasien.

5. Kapasitas Beban dan Batas Operasional Aktuator:

Dari pengujian beban aktual menggunakan variasi berat pasien dan matras secara merata, sistem mampu bekerja secara optimal dan lancar pada rentang beban 35 kg hingga 95 kg. Kinerja motor mulai mengalami perlambatan pada beban 115 kg.

6. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Variasi Durasi Kerja:

Variasi durasi waktu kerja pada aktuator dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis ringan di lapangan, meliputi: pembagian suplai arus saat pengoperasian motor ganda dan penghantar, gesekan internal *lead screw*



5.2 Saran

Beberapa poin saran demi penyempurnaan alat ini pada pengembangan selanjutnya Adalah:

1. **Peningkatan Kapasitas Aktuator** kumparan aktuator pada bagian kepala dengan spesifikasi torsi yang lebih tinggi (minimal kapasitas beban dorong 2000 N atau 200 kg) agar kuat menahan beban *dinamis* maupun *statis* saat pasien bersandar penuh.
2. **Pemasangan Saklar** *Emergency Stop* *Hard-Blow* sebesar 3A atau 5A pada jalur utama *power supply* ke *relay* DPDT, guna memutus arus secara otomatis apabila motor macet (*stuck*) dan mengalami lonjakan arus listrik yang dapat membakar kumparan motor.
3. **Redesain Geometri Rangka Pengungkit**: Mengubah struktur pengelasanudukan engsel aktuator agar memiliki sudut angkat awal yang lebih ergonomis, sehingga beban berat dari tubuh pasien dapat terdistribusi secara merata pada kerangka ranjang.
4. Implementasi Konsip Gerbang logika untuk Pengamanan Sistem Kendali (*Polarity Reversal*):

Pada perancangan saat ini, sistem pembalikan polaritas masih bergantung sepenuhnya pada kontak mekanis *relay DPDT* dan *interlock manual* antar tombol. Untuk pengembangan selanjutnya, sangat disarankan untuk mengintegrasikan gerbang logika (*logic gates*) baik berbasis IC digital (seperti gerbang AND, OR, NOT) maupun melalui pemrograman mikrokontroler sederhana guna membangun sistem pengaman (*safety interlock*).

Penerapan gerbang logika ini berfungsi untuk memastikan bahwa perintah pembalikan polaritas yang berlawanan arah.

DAFTAR PUSTAKA

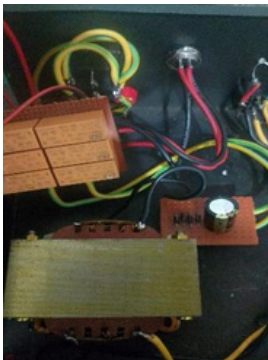
- [1] T. Penulis, A. Mukhtar, R. Hermana, A. Burhanudin, and Y. Setyoadi, *SENSOR DAN AKTUATOR: KONSEP DASAR DAN APLIKASI*. [Online]. Available: www.freepik.com
- [2] K. N. Tampubolon, “PENERAPAN KONDISI MENDANGKUSU DALAM KESELAMATAN PASIEN.”
- [3] B. Aditya and A. P. Budijono, “PERANCANGAN BERBASIS HOVISA ENGINEERING DAN KEBUTUHAN PENGGUNA.”
- I. Mekongga, A. Aryanti, and Y. Hasan,
- [4] “Perancangan Aplikasi Android Sebagai Pengendali APB (Automatic Patient Bed) dengan Metode doi: Sekuensial (Waterfall),” 2018, 10.21456/vol9iss103pp-111.
- [5] L. Prasetyo, H. Nugroho, R. Sulihutiono, and T. Bagus Tanjupurno, “ANALISIS SISTEM AKTUATOR LINIER DC PADA ALAT PENGANGKAT PASIEN,” vol. 2, no. 2, pp. 43–47, 2023, doi: 10.55123.
- [6] W. Widiyastari, H. Handiyani, and E. Novieastari, TERHADAP PASIEN

PENERAPAN KESELAMATAN PASIEN DI
RUMAH SAKIT,” *Jurnal Keperawatan Indonesia* , vol.
22, no. 1, pp. 43-52, May 2019, doi:
10.7454/jki.v22i1.615.

- [7] S. I. B. P. U. S. U. anitayustina11@gmail. com1
Anita Yustina1, “lukatekan pasien,” Jun. 01, 2021.

LAMPIRAN

Dokumentasi Pengerjaan Tugas Akhir



BIODATA

Achmad Ibnu Malik tapi dipanggil Alex aja biar akrab. Lahir di Probolinggo pas tanggal 1 Januari 2005. Sekarang lagi pusing-pusing seneng jadi mahasiswa

Jurusan Politeknik Negeri Madura, Teknologi Elektro, Prodi D3 Teknik Listrik Industri

Alex menulis *Rancang Bangun Sistem Pengoperasian pada Bed Patient Electric* simpel aja alasannya dia pengen bikin

kasur rumah sakit yang nggak kaku, yang ngerti caranya mempermudah hidup orang sakit pas lagi lemah-lemahnya. Didalam alam bawah sadar penulis ingin menyampaikan pada mereka:

"Terima kasih buat Karl Marx yang udah bikin teori perjuangan kelas. Teori beliau beneran kepakai pas saya ngeliat perjuangan kelas berat antara jemari tangan lawan panasnya solderan.

Buat Vladimir Lenin, makasih atas kutipan "Apa yang Harus Dilakukan?"nya. Itu kalimat refleksi yang selalu keluar dari mulut saya tiap kali ngeliat rangkaian alat dadakan ngeluarin asap tipis warna abu-abu.

Makasih juga buat Che Guevara, revolusioner sejati. Berkat beliau saya paham kalau semangat gerilya itu wujud nyatanya ya ngerjain revisi laporan berjam-jam di warkop berpindah-pindah demi nyari WiFi gratisan.

Dan buat Mao Zedong, makasih udah ngajarin konsep Lompatan Jauh ke Depan. Taktik itu resmi saya pakaikan ke tenggat waktu tugas akhir yang tiba-tiba udah tinggal dua hari lagi padahal alat belum di-casing.