

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai sistem konversi kursi roda dan tempat tidur telah banyak dilakukan sebelumnya. Penelitian-penelitian ini menjadi dasar penting dalam merancang sistem alat bantu kesehatan yang bertujuan meningkatkan kemandirian pengguna serta meminimalkan risiko cedera saat proses *transfer* manual. Berikut adalah beberapa penelitian yang relevan diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Khan 2025) Dalam jurnal berjudul “*Mechanism Design and Evaluation of a Threaded Rod-Driven Wheelchair-to-Bed Transformation System*”, peneliti membahas sistem transformasi kursi roda menjadi tempat tidur menggunakan mekanisme batang ulir (*threaded rod*) yang digerakkan motor. Sistem ini berfokus pada desain mekanik dan evaluasi kinerja transformasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mekanisme mampu melakukan perubahan konfigurasi secara stabil. Keunggulan penelitian ini terletak pada analisis mekanisme yang detail dan evaluasi performa struktur. Namun, kelemahannya adalah sistem masih berfokus pada mekanisme transformasi saja dan belum terintegrasi dengan sistem penggerak kursi roda elektrik untuk mobilitas mandiri.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Vincent Sebastian Wu 2024) pada jurnal “*Developing A Wheelchair Prototype to Ensure People with Disabilities Can Get To Bed Independently*”, mengembangkan prototipe kursi roda yang dirancang agar pengguna dapat menuju tempat tidur secara mandiri. Penelitian ini menekankan pada peningkatan kemandirian pengguna. Keunggulannya adalah pendekatan desain yang berorientasi pada kebutuhan pengguna (*user-centered design*). Namun, sistem masih dalam tahap prototipe awal dan belum mengoptimalkan konsep integrasi penuh antara fungsi tempat tidur dan kursi roda dalam satu sistem transformasi otomatis yang *compact*.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Zhou and Li 2024) Dalam jurnal “*Concept Design of Home Care Wheelchair Bed for Severely Disabled Elderly*”, peneliti berfokus pada perancangan konseptual kursi roda yang dapat difungsikan

sebagai tempat tidur untuk perawatan di rumah. Keunggulannya adalah desain yang mempertimbangkan aspek ergonomi dan kenyamanan lansia. Namun, penelitian ini masih bersifat konseptual dan belum diwujudkan dalam bentuk rancang bangun *prototype* yang teruji secara nyata.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Yuslistyari and Shofa 2021) Dalam jurnal “Rancangan Tempat Tidur Kursi Roda Ergonomis”, peneliti menekankan pada aspek ergonomi dan modifikasi desain tempat tidur agar dapat difungsikan sebagai kursi roda. Keunggulannya adalah peningkatan kenyamanan dan postur pengguna. Namun, sistem yang dikembangkan masih bersifat manual dan belum menggunakan sistem otomatis berbasis aktuator elektrik.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Kelebihan	Kekurangan
(Khan 2025)	<i>Threaded Rod-Driven Wheelchair-to-Bed Transformation System</i>	1. Analisis mekanisme detail. 2. Transformasi stabil. 3. Evaluasi performa struktur.	1. Fokus pada mekanik saja. 2. Belum terintegrasi Kursi roda elektrik mandiri.
(Vincent Sebastian Wu 2024)	<i>Developing A Wheelchair Prototype to Ensure People with Disabilities Can Get To Bed Independently</i>	1. Berorientasi pada kemandirian pengguna. 2. Pendekatan <i>user-centered</i> .	1. Tahap prototipe awal. 2. Belum <i>compact</i> dan belum integrasi penuh sistem otomatis.
(Zhou and Li 2024)	<i>Concept Design of Home Care Wheelchair Bed for Severely Disabled Elderly.</i>	1. Fokus ergonomi lansia. 2. Cocok untuk <i>home care</i> .dalam konteks percakapan multi-pembicara.	1. Fokus pada monitoring, bukan otomatisasi penuh pengisian/pembuangan. 2. Menggunakan

Penulis	Judul	Kelebihan	Kekurangan
			banyak sensor sehingga biaya relatif tinggi. 3. Energi listrik masih didapat dari listrik rumah.
(Yuslistyari and Shofa 2021)	Rancangan Tempat Tidur Kursi roda Ergonomis	1. Memperhatikan aspek ergonomi. 2. Meningkatkan kenyamanan pengguna.	1. Sistem masih manual. 2. Tidak berbasis otomatis dan elektrik.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu pada Tabel 2.1, dapat diketahui bahwa berbagai penelitian telah mengembangkan sistem inovasi pada tempat tidur pasien dan kursi roda. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada desain konseptual tanpa realisasi rancang bangun *prototype* fisik, serta menggunakan sistem transformasi yang masih bersifat manual atau hanya menitikberatkan pada aspek mekanik. Selain itu, penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus merancang integrasi penuh antara sistem transformasi otomatis dengan sistem penggerak kursi roda elektrik dalam satu perangkat terpadu yang *compact* dan praktis untuk penggunaan di ruang terbatas.

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya karena merancang dan membangun tempat tidur pasien dan kursi roda yang digabungkan dalam satu sistem kelistrikan terpadu. Sistem dirancang menggunakan aktuator linier elektrik untuk proses transformasi serta motor DC berbasis baterai untuk mendukung mobilitas mandiri dengan desain yang lebih ringkas, ergonomis, dan aplikatif. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya berhenti pada tahap desain, tetapi dapat memberikan kontribusi melalui realisasi rancang bangun yang terintegrasi, fungsional, dan dapat digunakan secara nyata di lingkungan rumah maupun fasilitas kesehatan untuk mendukung kemandirian pengguna.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori berisi konsep dan teori yang mendukung penelitian

mengenai rancang bangun sistem elektronika tempat tidur pasien terintegrasi kursi roda. Teori yang dibahas meliputi kursi roda elektrik, tempat tidur pasien, *motor DC Geared MY1016Z*, aktuator linier elektrik, arduino Mega 2560, *driver motor BTS7960*, *relay 2 channel* serta sistem *joystik* yang digunakan dalam perancangan alat.

2.2.1 Kursi roda Elektrik

Kursi roda merupakan sarana mobilitas medis beroda yang didesain secara ergonomis untuk memfasilitasi perpindahan individu dengan keterbatasan fisik atau gangguan fungsi motorik pada ekstremitas bawah. Sementara itu kursi roda elektrik merupakan pengembangan lebih lanjut dari konsep tersebut. Kursi roda elektrik dikembangkan sebagai sarana mobilitas bantu yang mengintegrasikan sistem penggerak motorik dengan unit kendali elektronik untuk membantu pengguna dengan keterbatasan fungsi motorik berat. Kursi roda elektrik dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kursi roda Elektrik

Berbeda dengan model manual, kursi roda elektrik mengandalkan torsi dari motor DC yang disuplai oleh energi baterai untuk menggerakkan roda secara otomatis sesuai *input* dari pengguna. Dalam perancangannya, aspek stabilitas sasis dan kapasitas daya motor menjadi pertimbangan utama agar alat mampu menahan beban pengguna sekaligus melewati berbagai rintangan permukaan jalan dengan aman (Pramana & Wibowo, 2020). Selain aspek mekanis, regulasi kecepatan juga menjadi faktor penting dalam perancangan. Standar kecepatan kursi roda elektrik umumnya dibatasi pada kisaran 4 km/jam untuk penggunaan dalam ruangan dan

maksimal 10 km/jam untuk penggunaan luar ruangan guna menjamin keamanan pengguna sesuai dengan standar keselamatan alat bantu mobilitas (Arifin et al., 2021). Penggunaan sistem elektrik ini bertujuan untuk memberikan kemandirian gerak yang lebih besar bagi pasien tanpa menuntut kekuatan fisik yang besar dalam pengoperasiannya

2.2.2 Tempat Tidur Pasien

Tempat tidur pasien merupakan fasilitas perawatan klinis yang dirancang dengan sistem rangka artikulasi untuk mendukung berbagai posisi ergonomis selama masa pemulihan. Tempat tidur pasien berfungsi sebagai *platform* penyangga tubuh utama untuk memfasilitasi fase istirahat pasien dalam posisi horizontal yang stabil. Karena karakteristiknya yang mampu mendistribusikan beban anatomis secara merata dan memberikan dukungan penuh pada tulang belakang, konfigurasi ini membantu memastikan bahwa pasien mendapatkan kenyamanan optimal. Tempat tidur pasien dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Tempat Tidur Pasien

2.2.3 Aktuator

Aktuator merupakan komponen elektromekanis fundamental dalam sebuah sistem kendali otomatis yang berfungsi mengonversi energi listrik menjadi energi kinetik, baik berupa gerak mekanis translasi (lurus) maupun rotasi (berputar). Sebagai elemen eksekutor akhir pada suatu rancangan instrumen, perangkat ini bekerja dengan merespons instruksi sinyal dari unit pemroses sentral, yang kemudian diamplifikasi oleh modul penggerak (*driver*) menjadi daya mekanik yang memadai untuk memindahkan atau menahan beban fisik. Kemampuan

konversi daya inilah yang memfasilitasi keseluruhan sistem untuk melakukan kerja nyata secara dinamis, seperti mengatur perubahan postur struktural alat dan mengartikulasikan mobilitas penggerak utama sesuai dengan tujuan fungsional yang telah dirancang (Nise, 2015). Rancang bangun tempat tidur pasien terintegrasi Kursi roda ini menggunakan beberapa jenis aktuator, yaitu:

1) *Motor DC Geared* MY1016Z

Motor arus searah (DC) dengan sistem *gear reduction* merupakan instrumen elektromekanis yang mengintegrasikan penggerak motor elektrik dengan transmisi roda gigi untuk memodifikasi *Output* mekanis. *Motor DC Geared* MY1016Z menggunakan transmisi roda gigi *internal (spur/helical gears)* yang disusun sejajar dengan poros motor. Karakteristik utama dari sistem transmisi ini adalah efisiensi mekanis yang tinggi dalam mentransfer daya dari rotor menuju roda, sehingga mampu menghasilkan torsi yang besar tanpa kehilangan banyak energi akibat gesekan (Khurmi & Gupta, 2005). Motor DC tipe MY1016Z dengan tegangan operasional 24 Volt DC difungsikan sebagai aktuator mobilitas utama yang terpasang pada roda penggerak sisi kanan dan kiri. Secara spesifik, motor ini memiliki spesifikasi daya sebesar 250 Watt dengan kecepatan keluaran tereduksi berkisar antara 280 RPM. Penggunaan aktuator dengan daya sebesar ini sangat esensial untuk memfasilitasi torsi *traksi* yang masif, yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya inersia serta beban statis dari total bobot sasis kursi roda beserta penggunaannya. Motor DC *Geared* dapat dilihat pada Gambar 2.3, sedangkan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 2.2.



Gambar 2. 3 Motor DC Geared

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Motor DC Geared* MY1016Z

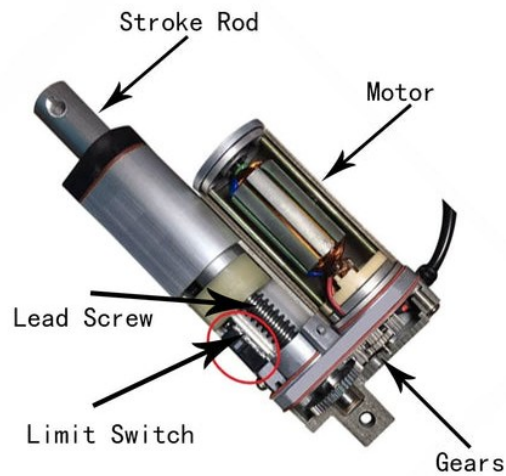
Parameter	Detail
<i>Type</i>	MY1016Z
<i>Voltage</i>	24V DC
<i>Torque</i>	22NM
<i>Rated Current</i>	13.4A
<i>Rated Load RPM</i>	280
<i>Rated Wattage</i>	250W

2) *Linear Aktuator Elektrik*

Aktuator linier elektrik merupakan perangkat elektromekanis yang dirancang untuk mengonversi energi listrik arus searah (DC) menjadi gerak translasi atau dorongan lurus. Perangkat ini digerakkan oleh motor DC internal yang putarannya sangat bergantung pada polaritas arus tegangan yang diberikan oleh *modul driver*. Selain motor, komponen kelistrikan vital yang tertanam di dalam tabung aktuator adalah *limit Switch* (saklar pembatas) *internal*. Saklar ini berfungsi sebagai pengaman mekanis yang akan memutus arus listrik secara otomatis ketika tuas telah mencapai batas pemanjangan atau pemendekan maksimalnya, sehingga motor tidak terbakar akibat beban berlebih (*overload*). Putaran dari motor DC tersebut kemudian direduksi oleh susunan roda gigi *internal* untuk memutar poros berulir (*lead screw*) yang akhirnya mendorong tuas memanjang atau memendek. Secara umum, aktuator ini diproduksi dengan berbagai variasi tegangan kerja, kapasitas angkat, serta panjang rentang dorongan (*stroke*) yang sangat beragam menyesuaikan kebutuhan dimensi alat (Budynas & Nisbett, 2014).

Dalam rancangan kursi roda yang terintegrasi tempat tidur pasien, aktuator linier difungsikan sebagai rangka otot utama yang mentransformasikan postur alat dari mode kursi duduk menjadi mode tempat tidur berbaring. Untuk mengakomodasi pergerakan sudut engsel tersebut, spesifikasi yang diaplikasikan pada proyek ini adalah aktuator 12 Volt DC dengan panjang *stroke* 20 sentimeter (200 mm). Jarak dorongan ini diperhitungkan sudah sangat cukup untuk mengubah sudut kemiringan sandaran punggung dan penopang kaki hingga mencapai posisi datar yang ergonomis. Linear aktuator

elektrik 12 volt DC dapat dilihat pada Gambar 2.4, sedangkan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 2.3.



Gambar 2. 4 Linear Aktuator Motor

Tabel 2. 3 Spesifikasi Linear Actuator Motor

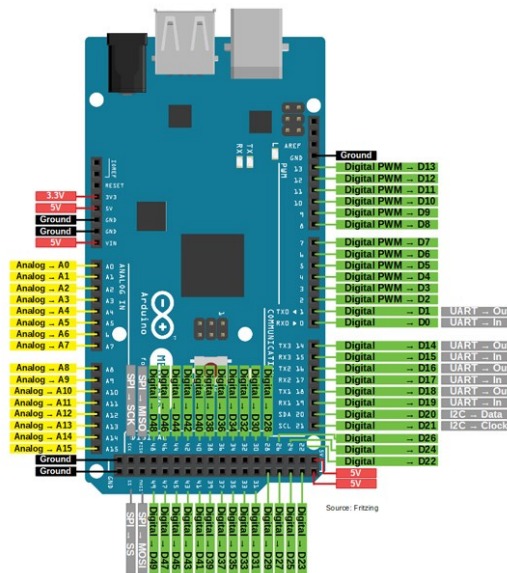
Parameter	Detail
Nama Modul	<i>Linear Actuator Motor</i>
<i>Input voltage</i>	12V DC
<i>Load Capacity</i>	900N dan 1500N
<i>Speed</i>	10mm/s dan 6mm/s
<i>Stroke Length</i>	200mm
<i>Working Frequency</i>	20%

2.2.4 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan modul pengembangan mikrokontroler berbasis arsitektur *Advanced RISC Architecture* (AVR) ATmega2560 yang dirancang secara khusus untuk mengakomodasi sistem tertanam (*emBedded systems*) dengan kompleksitas *Input/Output* (I/O) tingkat tinggi. Perangkat ini beroperasi pada tingkat tegangan logik 5V DC dan direkomendasikan untuk disuplai menggunakan sumber daya eksternal pada rentang 7 hingga 12V DC guna memastikan stabilitas regulasi daya pada keseluruhan komponen. Spesifikasi teknis esensial yang menjadikannya sangat ideal untuk sistem kendali multi-aktuator meliputi ketersediaan 54 pin I/O digital, di mana 15 pin di antaranya terdedikasi untuk pembangkitan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM), serta 16

saluran *Analog-to-Digital Converter* (ADC) dengan resolusi komparasi 10-bit. Mikrokontroler ini dibekali dengan ruang penyimpanan *internal* yang masif, mencakup 256 KB *Flash memory*, 8 KB SRAM, dan 4 KB EEPROM, yang memungkinkan eksekusi algoritma kontrol dinamis berskala besar tanpa risiko penumpukan memori (Arduino, 2021).

Mikrokontroler ini difasilitasi dengan empat unit *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* (UART) perangkat keras independen yang memungkinkan pertukaran data serial secara simultan dengan berbagai *periferal eksternal* tanpa menginterupsi siklus komputasi utama. Selain itu, modul ini mendukung secara *native* protokol komunikasi sinkron tingkat lanjut seperti *Serial Peripheral Interface* (SPI) dan *Inter-Integrated Circuit* (I2C) yang krusial untuk sinkronisasi komponen *driver* motor dan modul sensor. Pembaruan arsitektural yang signifikan pada revisi terkininya adalah implementasi koprosesor sekunder ATmega16U2 sebagai substitusi chip konvensional, yang difungsikan secara spesifik sebagai konverter antarmuka USB-ke-Serial untuk menekan latensi transmisi dan meningkatkan reliabilitas komunikasi instruksi pemrograman (Elmech Technology, 2024). Modul mikrokontroler Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 2.5, sedangkan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 2.4



Gambar 2. 5 Modul Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 bertindak sebagai unit pemroses sentral yang mengorkestrasi seluruh sistem secara waktu nyata (*real-time*). Modul ini bertugas

mengakuisisi sinyal analog dari *joystick* dan memetakannya menjadi sinyal PWM diferensial menuju *driver motor* bertenaga tinggi untuk mengatur kecepatan Kursi roda. Secara simultan, mikrokontroler mengevaluasi kondisi logika digital dari serangkaian *toggle switch* guna menginstruksikan *modul driver* jembatan-H (*H-Bridge*) dan *relay* DPDT dalam menggerakkan ketiga aktuator linier.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Mega 2560

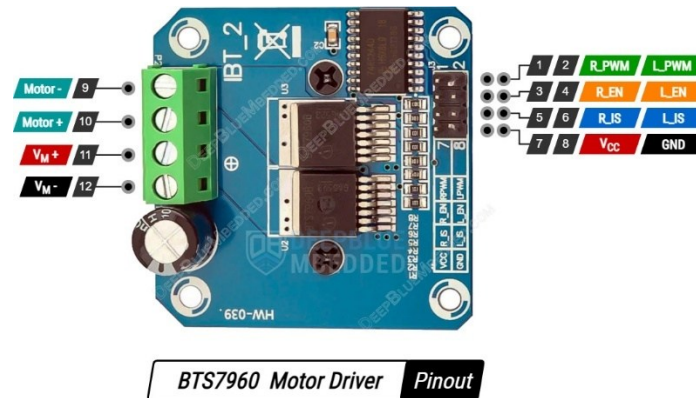
Parameter	Detail
Nama Mikrokontroler	Arduino Mega 2560
USB <i>Driver</i> Chip	CH340
Tengangan Operasi	5 Volt
<i>Flash</i>	256 kb
SRAM	8 kb
EEPROM	4 kb
Analog I/O Pin	16 pin
Digital I/O Pin	54 pin
PWM <i>Output</i>	15 pin
Arus GPIO	40 mA

2.2.5 *Driver motor* BTS7960

Modul penggerak motor (*motor driver*) BTS7960 merupakan sirkuit terintegrasi berbasis topologi jembatan-H (*H-Bridge*) yang dirancang khusus untuk mengendalikan aktuator elektromekanis berdaya tinggi. Secara arsitektural, perangkat ini tersusun dari dua keping IC *half-bridge* Infineon BTS7960 yang dihubungkan secara sinergis, memungkinkannya untuk membalikkan polaritas tegangan sehingga arah putaran motor arus searah (DC) dapat dikontrol secara dua arah (maju dan mundur). Keunggulan teknis fundamental dari modul ini terletak pada kapasitas penanganan arusnya yang sangat masif, yakni mampu menyalurkan arus hingga 43 Ampere, serta mendukung *input Pulse Width Modulation* (PWM) frekuensi tinggi untuk regulasi kecepatan aktuator yang sangat halus dan presisi.

Sebagai antarmuka daya, modul ini bertugas menjembatani instruksi logika berarus lemah (5 volt) dari mikrokontroler menuju beban mekanis yang menuntut konsumsi arus masif. Di samping itu, perangkat ini telah dibekali dengan sistem

keamanan perangkat keras terpadu, meliputi proteksi suhu berlebih (*thermal shutdown*), pembatas arus berlebih (*overcurrent protection*), dan perlindungan terhadap fluktuasi tegangan, yang secara kolektif mencegah kerusakan sirkuit pada kondisi operasional ekstrem (Hughes & Drury, 2013). *Motor driver* BTS7960 dapat dilihat pada Gambar 2.6, sedangkan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 2.5.



Gambar 2. 6 Modul Driver BTS7960

Dalam rancangan kursi roda yang terintegrasi dengan tempat tidur pasien, *modul driver* BTS7960 berfungsi sebagai pengatur daya utama untuk mengendalikan mekanisme pergerakan, seperti memutar motor DC pada roda kemudi atau mengekspansi dan meretraksi tuas aktuator linier. Karena karakteristiknya yang sanggup menyalurkan arus listrik masif secara stabil sekaligus merespons kontrol kecepatan (PWM) dengan sangat halus, modul ini membantu memastikan bahwa akselerasi roda dan transisi perubahan postur tempat tidur tetap konstan tanpa adanya sentakan di setiap siklus kerjanya. Hal ini penting agar proses manuver maupun transformasi alat tidak mengganggu kenyamanan postur pasien dan tetap sanggup menahan beban tubuh yang berat dengan aman, tanpa risiko komponen kelistrikan mengalami kerusakan akibat panas berlebih (*overheating*).

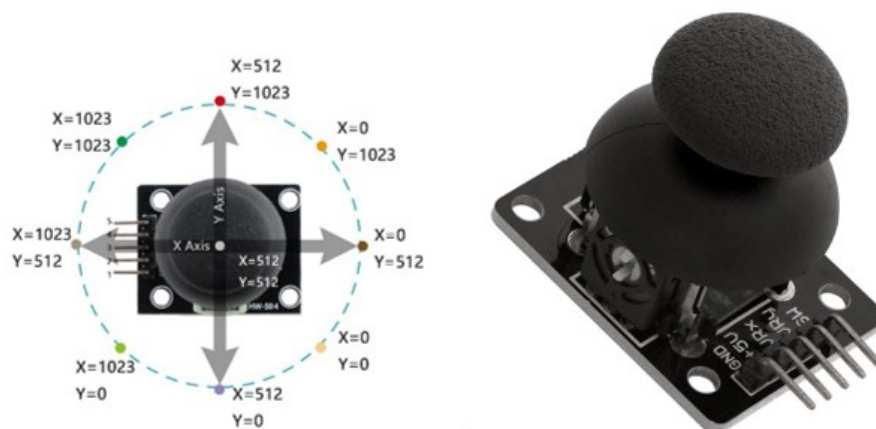
Tabel 2. 5 Spesifikasi Driver BTS7960

Parameter	Detail
Nama Modul	BTS7960
<i>Input Voltage</i>	6-27 Volt
<i>Model</i>	IBT-2

Parameter	Detail
<i>Maximum Current</i>	43 A
<i>Input Level</i>	3.3-5 Volt
<i>Control Mode</i>	PWM
<i>Duty cycle</i>	0-100%
Mode Pengaturan	<i>H-Bridge</i>

2.2.6 Joystik Analog

Modul *joystick analog* merupakan instrumen perangkat masukan (*input device*) elektromekanis yang dirancang untuk menerjemahkan pergerakan fisik multi-arah dari tangan pengguna menjadi sinyal kelistrikan yang proporsional. Perangkat ini secara fisik mengintegrasikan dua buah potensiometer variabel yang diletakkan saling tegak lurus untuk mewakili pergerakan sumbu X (horizontal) dan sumbu Y (vertikal). Saat tuas digerakkan, terjadi pergeseran mekanis pada penyapu potensiometer yang memicu perubahan nilai resistansi. Kondisi ini secara langsung menghasilkan variasi tegangan keluaran analog biasanya dalam rentang 0 hingga 5 Volt sesuai dengan prinsip pembagian tegangan. Perubahan sinyal tegangan yang linier dan bertahap inilah yang nantinya dikonversi oleh *Analog-to-Digital Converter* (ADC) pada mikrokontroler menjadi data digital untuk memetakan arah sekaligus seberapa jauh jarak dorongan tuas dari posisi diamnya (Hidayat & Setyawan, 2020). Skema nilai *output joystick analog* dan modul *joystick* nya dapat dilihat pada Gambar 2.10 (a) dan (b), sedangkan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 2.8.



Gambar 2. 7 Modul *Joystik Analog*

Instrumen *joystick analog* diaplikasikan sebagai pusat kendali navigasi pasien. Komponen ini bertugas menerjemahkan *input* fisik menjadi perintah gerak mekanis, seperti memutar arah haluan kemudi secara diferensial atau melaju ke depan dan belakang. Alasan utama penggunaan tuas analog dibandingkan sakelar tombol biasa adalah kemampuannya memberikan sinyal pembacaan yang proporsional terhadap jarak dorongan. Melalui variasi sinyal tersebut, unit pemroses sentral dapat menginstruksikan *driver* motor untuk menambah atau mengurangi kecepatan putaran roda secara halus (*proportional control*).

Tabel 2. 6 Spesifikasi Modul Joystik Analog

Parameter	Detail
Nama Modul	Modul <i>Joystik</i> KY-023
Tegangan Operasi	5V DC
<i>Output</i>	Sinyal analog (X & Y)
<i>Pinout</i>	VCC, GND, VRx, Vry, SW