

# Implementasi *Load Cell* Sebagai Komponen Alat Rehabilitasi Disfungsi Sendi Lutut

Agus Sukoco Heru Sumarno<sup>\*a)</sup>, Eka Mandayatma<sup>a)</sup>, Donny Radianto<sup>a)</sup>, Imam Saukani<sup>a)</sup>

(Received 21 Desember 2023 || Revised 22 Januari 2023 || Accepted 22 Februari 2024)

**Abstract:** Rehabilitation of knee joint dysfunction can be done with weight training. So far, the load has been handed to the patient manually and in stages from load to weight starting from 250 grams to 5 kg. In this research, loading for rehabilitation will be designed using load cell-based electronic engineering to obtain the desired load. The research method begins with inventorying component requirements, designing a circuit, compiling a process algorithm, calibration, function testing and data collection. The research data is a function of load on motor movement. The output of the research is a prototype control circuit to regulate motor movement based on load. The function test is carried out by giving the load cell a load of 250 grams to 5 kg with a step change every 250 grams, each data is observed for the response of the movement indicator of the driving motor. From the research data produced, with a loading capacity limit of 5 kg with a change step of 250 grams, there were no deviations.

**Keywords:** knee joint fracture, dysfunction, rehabilitation, load cell

## 1. Pendahuluan

Sendi lutut atau knee joint merupakan salah satu sendi terbesar dalam tubuh, sendi ini merupakan sendi yang kompleks [1]. Gerakan yang ada pada sendi lutut ini yaitu menekuk dan meluruskan serta membantu setiap pergerakan seperti berjalan, berlari dan berjongkok. Penyebab sakit lutut sangatlah beragam dan paling umum adalah radang sendi. Selain itu, kondisi ini juga dapat disebabkan oleh cedera maupun infeksi. Meski umumnya tidak berbahaya, sakit lutut bisa mengganggu aktivitas bila tidak segera ditangani. Sakit lutut dapat terjadi bila ada gangguan pada struktur atau jaringan pembentuk lutut. Berbagai jaringan yang membentuk lutut adalah tulang rawan, tulang tempurung lutut, jaringan penghubung antartulang betis dan paha (ligamen), serta jaringan yang menghubungkan tulang dengan otot (tendon) [2].

Fraktur pada sendi lutut yang disebabkan pasca operasi atau yang aktivitas lainnya yang menyebabkan disfungsi lutut diperlukan proses rehabilitasi. Disfungsi lutut yang dimaksudkan adalah sendi lutut tidak dapat ditekuk/digerakkan pada sudut yang diinginkan. Karena begitu pentingnya fungsi lutut kaitannya dengan aktifitas manusia, maka perlu segera dilakukan tindakan rehabilitasi untuk kembali sempurna. Untuk Rehabilitasi dalam hal ini bisa dilakukan dengan latihan pembebanan. Pada penelitian ini pembebanan untuk rehabilitasi akan dirancang dengan rekayasa elektronika berbasis load cell untuk beban yang diinginkan [3].

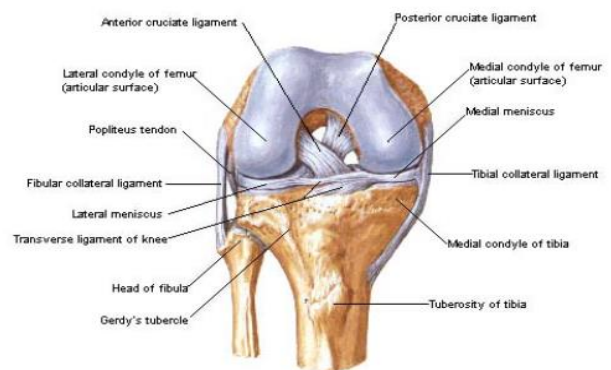
## 2. Metode

### 2.1 Disfungsi dan Anatomi Lutut

Disfungsi lutut merujuk pada ketidakmampuan untuk melakukan gerakan fleksi dan ekstensi dalam sendi lutut atau gangguan dalam sistem operasionalnya, biasanya dipicu oleh kecelakaan yang menyebabkan kekakuan pada sendi. Artikulasi, yang juga dikenal sebagai sendi, berfungsi sebagai titik hubungan antara dua atau lebih tulang, dilapisi oleh jaringan ikat di luar dan meliputi rongga sendi dengan permukaan tulang di dalamnya dilapisi oleh tulang rawan. Peran utama dari sendi adalah untuk memfasilitasi gerakan tubuh. Terletak di ekstremitas bawah, sendi lutut berfungsi sebagai penghubung antara tungkai atas (paha) dan tungkai bawah. Fungsi utamanya adalah untuk mengatur gerakan kaki, membutuhkan

beberapa faktor, termasuk: dukungan otot untuk mobilitas sendi; tindakan protektif dari kapsul sendi untuk melindungi tulang-tulang yang bersendi dan mencegah dislokasi selama gerakan; struktur permukaan tulang yang mengatur rentang gerakan; kehadiran cairan dalam rongga sendi untuk meminimalkan gesekan antara permukaan tulang; ligamen yang melingkari sendi lutut, menghubungkan tulang-tulang yang bersendi dan memberikan kekuatan yang diperlukan untuk gerakan tubuh.

Sendi lutut (Gambar 2.1) diklasifikasikan sebagai sendi engsel, ditandai oleh dua kondilus femoris yang terletak di atas kondilus tibia. Gerakan yang mungkin dilakukan oleh sendi ini termasuk fleksi, ekstensi, dan gerakan rotasi ringan [4]. Gerakan berlebihan melebihi kapasitas sendi dapat menyebabkan cedera seperti robekan kapsul dan ligamen di sekitar sendi.



Gambar 2.1 Anatomi Lutut

### 2.2 Arduino Nano

Arduino controller adalah sebuah platform open-source yang digunakan untuk membuat dan mengontrol perangkat elektronik secara sederhana dan fleksibel. Alat ini (Gambar 2.2) terdiri dari papan kontrol yang dapat diprogram dan berbagai sensor serta aktuator yang dapat terhubung untuk mengontrol berbagai jenis perangkat seperti lampu, motor, sensor suhu, dan banyak lagi [5, 6]. Arduino sangat populer dalam dunia DIY (Do It Yourself) dan proyek-proyek elektronik karena kemudahan penggunaannya dan dukungan komunitas yang luas [7].

\*Korespondensi: agus.sukoco@polinema.ac.id

a) Prodi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Sukarno Hatta no.9 Kota Malana. Jawa Timur Indonesia



Gambar 2.2 Arduino Nano

### 2.3 Load Cell

Sensor load cell adalah sensor yang digunakan untuk mengukur gaya atau beban yang diterapkan pada suatu objek. Prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan tegangan listrik yang dihasilkan saat beban diterapkan pada sel-sel strain gauge yang terdapat di dalam load cell [8, 9]. Ketika beban diterapkan, sel-sel strain gauge mengalami regangan, yang mengubah hambatan listrik dan menghasilkan perubahan tegangan yang dapat diukur. Tegangan ini kemudian diubah menjadi nilai berat atau gaya yang sesuai dengan karakteristik load cell [10, 11].

### 2.4 LCD

LCD (Liquid Crystal Display) adalah jenis tampilan yang digunakan dalam banyak aplikasi elektronik, termasuk dalam proyek-proyek yang menggunakan Arduino [12, 13]. Fungsi LCD display untuk Arduino adalah menampilkan informasi teks atau grafis kepada pengguna. Ini memungkinkan pengguna untuk melihat output dari program Arduino [14], seperti pesan, nilai sensor, atau status sistem dengan mudah. Dengan menggunakan LCD display, pengguna dapat memantau dan berinteraksi dengan proyek Arduino secara langsung [15].

### 2.5 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam rangka mencapai tujuan dalam penelitian ini dideskripsikan secara sederhana dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 2.3.

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Studi literatur yang relevan dengan obyek riset, dengan demikian bisa diperoleh state of art berikut road map penelitian. Mengidentifikasi masalah yang akan diteliti dengan luaran berupa konsep penelitian atas luaran yang diinginkan, selanjutnya dilakukan pengujian, setelah sesuai dengan spesifikasi dilakukan penggabungan dengan mekanik, lalu diuji coba.

Dari konsep penelitian dapat diketahui kepakaran yang diperlukan dalam penelitian, Spesifikasi prototype luaran dan jenis luaran yang diinginkan. Dengan demikian dapat diketahui bahwa untuk merealisasikan penelitian ini diperlukan kepakaran dibidang instrumentasi, kontrol dan mekatronika, yang sesuai fokus penelitian meliputi desain rangkaian dan algoritma proses. Uji Fungsi meliputi keandalan terhadap beban, uji riabilitas terhadap beban. Sedangkan kalibrasi dilakukan untuk menentukan kesesuaian beban

TABEL 3.1 DITUNJUKKAN DATA KALIBRASI DARI LOAD CELL. DATA KALIBRASI DIMAKSUDKAN UNTUK MENGUJI TINGKAT KETEPATAN ALAT UKUR UNTUK MENENTUKAN BERAT (KG). DARI

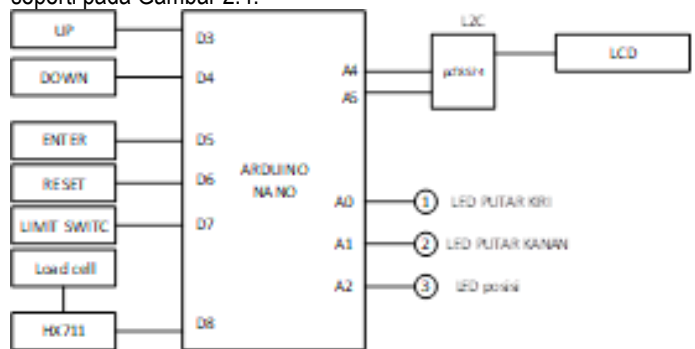
Tabel 3.1 dapat diketahui bahwa dari proses kalibrasi yang dilakukan sebanyak 21 kali, dan data dua angka signifikan di belakang koma dengan kenaikan 0,25 kg tidak ada perbedaan antara beban yang diberikan apada alat dengan yang ditampilkan alat.

yang diinginkan.



GAMBAR 2.3 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Desain elektronik meliputi kontroler untuk motor penggerak agar gerakannya bisa diatur dengan beban yang diinginkan, dalam hal ini desain elkroniknya dapat diimplementasikan dengan diagram blok seperti pada Gambar 2.4.



GAMBAR 2.4 DIAGRAM BLOK SISTEM ELEKTRONIK

## 3. Pembahasan

PADA

Dengan demikian alat ini hasil pengukuran beban tidak ada kesalahan atau presisi.

**TABEL 3.1 DATA KALIBRASI LOAD CELL**

NO	Beban (kg)	Hasil alat (kg)
1	0	0
2	0,25	0,25
3	0,5	0,5
4	0,75	0,75
5	1	1
6	1,25	1,25
7	1,5	1,5
8	1,75	1,75
9	2	2
10	2,25	2,25
11	2,5	2,5
12	2,75	2,75
13	3	3
14	3,25	3,25
15	3,5	3,5
16	3,75	3,75
17	4	4
18	4,25	4,25
19	4,5	4,5
20	4,75	4,75
21	5	5

Pada Tabel 3.2 ditunjukkan kondisi ketika alat bekerja dengan adanya pembebanan

**TABEL 3.2 DATA KETIKA ALAT BERBEBAN**

NO	set point (kg)	Beban (kg)	Led 1	Led 2	Led 3	limit swith	Reset
1	0	0	mati	mati	mati	off	off
2	0,25	0,25	nyala	mati	nyala	on	off
3	0,5	0,5	nyala	mati	nyala	on	off
4	0,75	0,75	nyala	mati	nyala	on	off
5	1	1	nyala	mati	nyala	on	off
6	1,25	1,25	nyala	mati	nyala	on	off
7	1,5	1,5	nyala	mati	nyala	on	off
8	1,75	1,75	nyala	mati	nyala	on	off
9	2	2	nyala	mati	nyala	on	off
10	2,25	2,25	nyala	mati	nyala	on	off
11	2,5	2,5	nyala	mati	nyala	on	off
12	2,75	2,75	nyala	mati	nyala	on	off
13	3	3	nyala	mati	nyala	on	off
14	3,25	3,25	nyala	mati	nyala	on	off
15	3,5	3,5	nyala	mati	nyala	on	off
16	3,75	3,75	nyala	mati	nyala	on	off
17	4	4	nyala	mati	nyala	on	off
18	4,25	4,25	nyala	mati	nyala	on	off
19	4,5	4,5	nyala	mati	nyala	on	off
20	4,75	4,75	nyala	mati	nyala	on	off
21	5	5	nyala	mati	nyala	on	off

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menguji kinerja alat sebagaimana tujuan yang diinginkan. Fungsi tidaknya alat dapat

diamati dari LED 3. Apabila ketika alat dibebani dan LED 3 menyala menandakan bahwa alat berfungsi sebagaimana yang diinginkan. Begitu juga sebaliknya, jika LED3 tidak menyala berarti alat tidak berfungsi. Berdasarkan Tabel 3.2, dari 21 data uji dapat diketahui dari data ke 1 hingga data ke 21 saat set point ditentukan LED 3 menyala, artinya alat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Pada Tabel 3.3 ditunjukkan data reset dari alat.

**TABEL 3.3 DATA RESET ALAT**

NO	set point (kg)	Beban (kg)	Led 1	Led 2	Led 3 awal	limit swith (awal)	Reset	limit switch akhir	Led 3 akhir
1	0	0	mati	mati	mati	off	off	Off	Mati
2	0,25	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
3	0,5	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
4	0,75	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
5	1	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
6	1,25	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
7	1,5	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
8	1,75	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
9	2	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
10	2,25	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
11	2,5	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
12	2,75	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
13	3	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
14	3,25	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
15	3,5	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
16	3,75	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
17	4	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
18	4,25	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
19	4,5	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
20	4,75	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati
21	5	0	mati	nyala	nyala	on	On	Off	Mati

Pengujian reset ini dimaksudkan untuk mengetahui apabila tombol reset ditekan apakah penggerak kembali pada posisi awal. Untuk mengetahui berfungsinya kondisi ini bisa dilakukan dengan melihat perubahan LED 3 pada saat tombol RESET ditekan. Pada saat ini terjadi perubahan LED3 yang awalnya menyala menjadi mati. Dari Tabel 3.3 dapat diketahui bahwa tombol RESET berfungsi dengan benar.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil analisa data pada proses kalibrasi dapat diketahui tingkat kesalahan ukur terhadap perubahan beban 0,25kg dari alat ini adalah 0%.
2. Dari hasil uji Fungsi pada saat dibebani dapat diketahui bahwa alat ini dapat berfungsi sebagaimana yang diinginkan.
3. Dari hasil uji fungsi tombol Reset dapat diketahui bahwa setiap tombol RESET ditekan maka posisi akan kembali pada posisi awal.

4. Penelitian ini perlu ada riset lanjutan terkait dengan uji aktuatur terhadap unjuk kerja alat terapi sendi lutut agar dihasilkan alat yg optimal.

### Referensi

- [1] S. Suwito, S. Suhanto, and K. Kustori, "Sistem Baterai Charging pada Solar Energy System dengan Buck Boost Converter untuk Berbagai Tingkat Pencahayaan Di Bandar Udara," *APPROACH: Jurnal Teknologi Penerbangan*, vol. 1, no. 1, pp. 39–48, 2017.
- [2] E. S. Ningrum, "Penerapan Teknologi Wireless RF Dan SMS Gateway pada Sistem Monitoring Pemakaian Air PDAM Skala Rumah Tangga yang Terintegrasi Database via Internet," in *Industrial Electronic Seminar*, 2010.
- [3] I. N. W. Satiawan and I. B. F. Citarsa, "Desain Buck Converter Untuk Charging Batere Pada Beban Bervariasi," *Dielektrika*, vol. 5, no. 1, pp. 30–35, 2018.
- [4] M. Otong and R. M. Bajuri, "Maximum power point tracking (MPPT) pada sistem pembangkit listrik tenaga angin menggunakan buck-boost converter," *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, vol. 5, no. 2, pp. 103–110, 2017.
- [5] D. Hakim, A. Budijanto, and B. Widjanarko, "Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM pada Rumah Tangga Menggunakan Mikrokontroler NODEMCU Berbasis Smartphone ANDROID," *Jurnal IPTEK*, vol. 22, pp. 9–18, Feb. 2019, doi: 10.31284/j.iptek.2018.v22i2.259.
- [6] R. Risna and H. A. Pradana, "Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Penggunaan Air PDAM Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Sisfokom*, vol. 3, no. 1, pp. 60–66, 2014, doi: 10.32736/sisfokom.v3i1.212.
- [7] Agus Sukoco Heru Sumarno, IMPLEMENTASI MOTOR WIPER UNTUK PENGGERAK SANDARAN DISABILITAS TULANG BELAKANG. Penelitian DIPA Nomor:SP\_DIPA-023.04.576811/2014 tanggal 5 Desember 2013 Politeknik Negeri Malang
- [8] J. Reyes and N. Sobejana, "Development of Egg Classifier Using Pixy Camera and Load Cell," Available at SSRN 3717478, 2020.
- [9] A. Çoban and N. Çoban, "Determining of the spring constant using Arduino," *Physics Education*, vol. 55, no. 6, p. 065028, 2020.
- [10] K. v Kaul, S. Patel, D. Bhandari, P. Mistry, A. Shah, and K. Patel, "Real-time Load Monitoring and Estimation of Waterline in Boat using Load Cell Assembly and Ultrasonic Sensor.," *Grenze International Journal of Engineering & Technology (GIJET)*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [11] D. Origines Jr, "Load Cell and Arduino Technology as Lemon Fruit Classifier," Available at SSRN 3793375, 2021.
- [12] A. R. Widya, E. Yuliyanto, A. Amali, S. Sugeng, A. Agung, and W. Wiyanto, "Metrological design and analysis of rice dispenser based on arduino uno with load cell sensor with solar cell," in *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2023.
- [13] K. P. K. Riyanti, I. Kakaravada, and A. A. Ahmed, "An Automatic Load Detector Design to Determine the Strength of Pedestrian Bridges Using Load Cell Sensor Based on Arduino," *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 4, no. 1, pp. 15–22, 2022.
- [14] M. N. Mansor, N. A. A. Talib, S. A. Saidi, W. A. Mustafa, and N. F. Zamri, "Arduino IOT Based Inventory Management System Using Load Cell and NodeMCU," *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 32, no. 3, pp. 12–25, 2023.
- [15] V. T. O. Silva, R. N. de Medeiros Jr, W. O. Silva, and S. R. R. Medeiros, "Using an Arduino microcontroller to build a Planetary Scale for study of weight force," *Physics Education*, vol. 55, no. 4, p. 045016, 2020.