

RANCANG BANGUN LIFT BARANG 3 LANTAI BERBASIS PLC DENGAN DETEKSI KELEBIHAN BEBAN

Sri Wahyu Puji Lestari¹⁾, Eva Damayanti²⁾
Program Studi Teknik Otomasi Industri, Politeknik TEDC Bandung^{1),2)}
Email: sriwahyupujilestari@gmail.com¹⁾, evadamayanti@poltektedc.ac.id²⁾

Abstrak

Penelitian ini mengkaji perancangan dan evaluasi sistem lift barang tiga lantai yang dilengkapi dengan sensor berat untuk meningkatkan akurasi pengukuran beban dan efisiensi operasional. Sistem yang dirancang mengintegrasikan *load cell* dan motor DC, dengan pengujian dilakukan pada variasi beban (200 g, 500 g, 700 g, dan 1000 g) untuk menilai akurasi pengukuran beban dan kinerja motor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penempatan *load cell* pada posisi sudut dan sisi tengah kabin menyebabkan deviasi pengukuran yang signifikan, dengan deviasi hingga -0,087% pada rata-rata beban total. Selain itu, penurunan kecepatan angkat dan peningkatan konsumsi daya motor DC teramati seiring dengan peningkatan beban. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi berbagai aspek dari perancangan sistem, akurasi pengukuran berbasis *load cell*, dan pengaruh variasi massa benda terhadap kinerja motor DC. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi pengujian dalam berbagai kondisi lingkungan dan pada skala yang lebih besar seperti pada beban industri guna meningkatkan akurasi dan efisiensi sistem lift.

Kata Kunci: Kalibrasi, Load Cell, Motor DC, Sistem Lift.

Abstract

This study examines the design and evaluation of a three-story freight elevator system equipped with a weight sensor to enhance load measurement accuracy and operational efficiency. The designed system integrates a load cell and a DC motor, with tests conducted on load variations (200 g, 500 g, 700 g, and 1000 g) to assess load measurement accuracy and motor performance. The test results indicate that the placement of the load cell at the corner and middle side positions of the cabin causes significant measurement deviations, with deviations of up to -0.087% on the average total load. Additionally, a decrease in lifting speed and an increase in DC motor power consumption were observed with increasing load. This study aims to evaluate various aspects of the system design, the accuracy of load cell-based measurements, and the effect of mass variations on DC motor performance. Further research is recommended to explore testing under various environmental conditions and on a larger scale such as industrial loads to improve the accuracy and efficiency of the elevator system.

Keywords: Calibration, DC Motor, Lift System, Load Cell.

I. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang di era industri 4.0 ini, banyak industri yang membutuhkan suatu alat yang dapat digunakan untuk memindahkan barang-barang guna mengoptimalkan waktu. Teknologi dengan menggunakan sistem konvensional sudah banyak digantikan dengan teknologi yang lebih canggih dan serba otomatis tanpa mengubah fungsinya. Hal ini merupakan suatu tuntutan zaman yang menginginkan berbagai macam kemudahan (Arifin et al., 2023). Salah satu alat yang digunakan untuk memindahkan barang adalah lift.

Lift atau elevator adalah perangkat yang dirancang untuk mengangkat orang atau barang secara vertikal antara lantai-lantai dengan bantuan mekanisme tertentu. Seiring dengan kemajuan teknologi, elevator telah mengalami peningkatan signifikan dalam berbagai aspek, termasuk mekanisme, sistem kontrol, dan fitur keselamatan. Dengan demikian, elevator menjadi salah satu solusi transportasi yang paling aman dan efisien di gedung-gedung bertingkat tinggi. Elevator modern juga dilengkapi dengan penghemat energi.

Dalam beberapa kasus, elevator bahkan

dilengkapi dengan sistem keamanan untuk mengatasi situasi darurat. Namun, berbagai insiden kecelakaan yang diakibatkan lift menunjukkan adanya potensi risiko keselamatan yang serius. Sebagai contoh, pada tahun 2020, sebuah lift mengalami kelebihan beban dan menyebabkan kematian empat pekerja di Malang (Anam, 2020). Kejadian tersebut menggambarkan betapa fatalnya dampak dari kegagalan sistem dalam mendeteksi dan mengelola beban secara efektif.

Insiden ini menekankan perlunya pengawasan ketat terhadap kapasitas beban dan sistem keamanan lift. Untuk mencegah kejadian serupa di masa depan, sistem pengamanan yang lebih canggih dan terpercaya sangat diperlukan.

Selain itu, untuk lebih meningkatkan keamanan dan efisiensi, sistem lift dapat dilengkapi dengan sensor berat yang terpasang pada tegangan tali kabin. Sensor ini memiliki peran penting dalam memantau beban yang diangkat, sehingga pengoperasian lift dapat disesuaikan sesuai dengan kapasitas maksimumnya yang diangkat dan mencegah operasi jika beban melebihi kapasitas yang ditentukan, memberikan perlindungan

tambahan bagi pengguna. Dengan demikian, pengguna lift dapat merasa lebih aman dan terhindar dari risiko yang tidak diinginkan saat menggunakan fasilitas lift. Selain itu, dengan adanya *load cell*, arus yang dihasilkan oleh motor dapat dikendalikan dengan lebih baik, menghindari panas berlebih, serta meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Penelitian ini akan fokus pada perancangan lift tiga lantai yang dilengkapi dengan *load cell* untuk mendeteksi dan mengelola beban secara *real-time*. PLC juga memungkinkan sistem lift untuk memantau beban yang diangkut dan mencegah operasi jika beban melebihi kapasitas yang ditentukan.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Lift Barang

Lift barang adalah salah satu alat transportasi yang digunakan untuk mengangkat beban berat. Lift barang dapat disunatkan di berbagai tempat, seperti gedung, pabrik, dan gudang. Sistem control lift barang adalah sistem yang digunakan untuk mengontrol gerakan lift barang. Sistem control lift barang dapat menggunakan berbagai jenis kontroler, seperti PLC (*Programable Logic Controller*), mikrokontroler, dan lain-lain.

Rancang bangun lift barang berbasis PLC telah banyak dilakukan sebelumnya. Salah satu penelitian yang relevan adalah penelitian yang dilakukan oleh Derajad Pranowo dkk tahun 2008 yang berjudul "*Prototype Lift Barang 4 lantai berbasis PLC*". Penelitian tersebut membahas tentang rancang bangun lift barang berbasis PLC yang dapat mengangkat beban hingga 40-80kg.

B. Load Cell

Load cell adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur berat atau gaya yang di berikan pada sebuah objek. Load cell biasanya digunakan untuk pengukuran berat dan pengukuran gaya. Akurasi timbangan sangat dipengaruhi oleh jenis *load cell* yang digunakan. *Load cell* mengubah beban yang diterima menjadi perubahan resistansi pada *strain gauge* di dalamnya. Perubahan resistansi ini dikirim melalui tiga kabel: dua kabel untuk memberikan daya, dan satu kabel untuk mengirim sinyal ke sistem kontrol. *Load cell* terdiri dari konduktor, *strain gauge*, dan jembatan Wheatstone (Yandra et al., 2016).



Gambar 1. Load cell

C. Prinsip Kerja Load Cell

Cara kerja sensor *load cell* menggunakan prinsip *strain gauge*, yang mendeteksi perubahan resistansi ketika beban diberikan pada material sensor. Ketika *load cell* menerima beban, material sensor mengalami deformasi, mengubah resistansi *strain gauge*. Perubahan resistansi ini diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diukur dan dikonversi ke nilai berat. Rumus dasar untuk menghubungkan gaya dengan sinyal *output* adalah sebagai berikut:

$$w = \frac{V_{out}}{S}$$

Keterangan :

- W = berat yang diukur (kg)
- V_{out} = tegangan keluaran (Volt)
- S = faktor kalibrasi *load cell* (V/kg)

Strain gauge dalam *load cell* juga mengikuti hukum Hooke, di mana gaya F berbanding lurus dengan deformasi:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \text{ dan } \Delta R = R \cdot G \cdot \epsilon$$

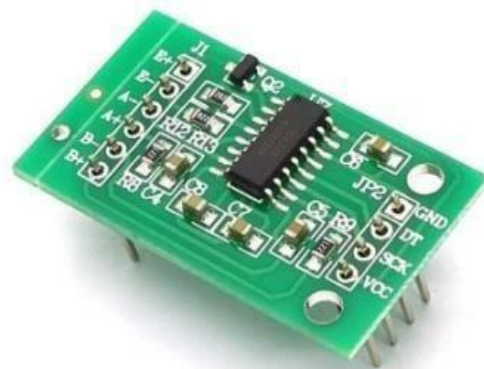
Keterangan :

- ϵ = Strain (perubahan panjang relatif)
- ΔL = perubahan panjang
- L = Panjang awal
- R = Resistansi awal *strain gauge*
- G = Gauge faktor
- ΔR = perubahan resistansi *strain gauge*

Nilai resistansi ini diubah menjadi sinyal listrik yang akhirnya dapat dihitung untuk menentukan berat beban yang diukur oleh *load cell*.

D. Modul HX711

HX711 adalah modul amplifier yang berfungsi untuk memperkuat sinyal dari sensor *load cell* atau beban berat. Modul ini memungkinkan mikrokontroler untuk membaca sinyal dari sensor beban, yang biasanya memiliki sinyal tegangan sangat kecil. Dengan HX711, sinyal ini diperkuat menjadi rentang yang dapat dibaca oleh mikrokontroler, seperti 0V-5V.



Gambar 2. Modul HX711

E. PLC Mitsubishi FX1N 60-MT

PLC (*Programable Logic Controller*) FX1N-60MR merupakan produk dari Mitsubishi Electric yang termasuk dalam seri FX1N. PLC ini dirancang khusus untuk aplikasi otomasi industri, menawarkan solusi yang kompak dengan integrasi berbagai fungsi dalam satu unit. FX1N-60MR sangat sesuai untuk digunakan dalam aplikasi kecil hingga menengah, memberikan kemudahan dalam pengendalian proses industri.



Gambar 3. PLC Mitsubishi

F. Relay 4 Channel

Relay adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar yang dioperasikan oleh arus listrik. Prinsip kerja *relay* didasarkan pada tuas saklar yang berada di dekat solenoid, yaitu lilitan kawat di sekitar batang besi. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik oleh gaya magnet yang dihasilkan, sehingga kontak saklar menutup. Ketika arus listrik dihentikan, gaya magnet menghilang, tuas kembali ke posisi semula, dan kontak saklar terbuka kembali. *Relay* biasanya digunakan untuk mengendalikan arus atau tegangan besar (misalnya perangkat listrik dengan arus 4 A/AC 220V) menggunakan arus atau tegangan kecil (misalnya 0,1 A/12 volt DC).



Gambar 4. Relay 4 channel

G. Motor DC

Motor DC adalah perangkat penggerak pada sistem lift ini yang berfungsi untuk menggerakkan kabin lift naik dan turun. Motor DC yang digunakan memiliki spesifikasi tegangan 12V mampu mengendalikan mengangkat beban hingga 10 kg.

Penggunaan motor jenis ini didasari oleh kemampuannya menghasilkan torsi yang cukup besar pada kecepatan rendah, sehingga sangat cocok untuk aplikasi angkat seperti lift barang. Motor dikendalikan oleh PLC yang mengatur kapan motor harus bergerak atau berhenti berdasarkan sinyal dari sensor.



Gambar 5. Motor DC 12 V

H. Proximity

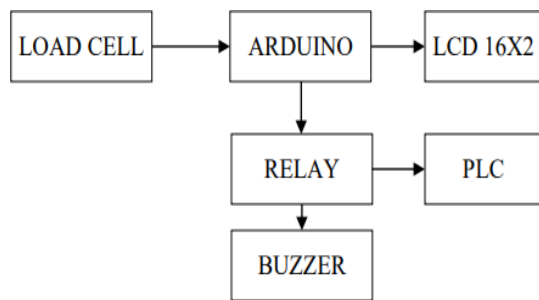
Sensor proximity adalah alat yang digunakan mendeteksi objek di sekitar tanpa perlu adanya kontak fisik. Dalam sistem lift ini, sensor proximity dipasang pada setiap lantai untuk mendeteksi posisi kabin lift. Sensor ini memberikan sinyal kepada PLC saat kabin mencapai lantai tujuan, sehingga motor dapat dihentikan dan pintu lift dibuka. Dengan keberadaan sensor ini, sistem lift dapat beroperasi dengan akurasi tinggi dalam menentukan posisi kabin di setiap lantai.



Gambar 6. Proximity sensor

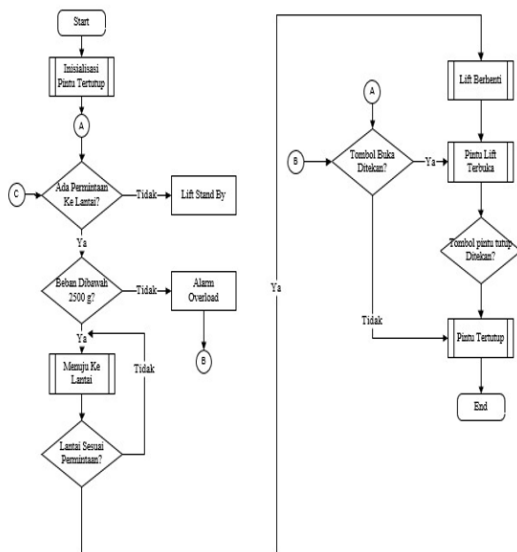
III. METODE PENELITIAN

Diagram blok menggambarkan keterhubungan komponen dalam sistem timbangan digital. Proses dimulai dari *load cell* yang mengubah berat menjadi sinyal listrik. Sinyal ini diproses oleh Arduino, yang mengonversinya menjadi data digital dan menampilkannya pada LCD. Jika berat melebihi ambang batas, Arduino mengaktifkan *relay*, yang mengendalikan perangkat lain seperti PLC atau *buzzer*. PLC dapat menjalankan tindakan otomatis, sementara *buzzer* berfungsi sebagai indikator kondisi, seperti beban berlebih. Sistem ini tidak hanya mengukur berat, tetapi juga memberikan respons otomatis.



Gambar 7. Diagram Blok Sistem

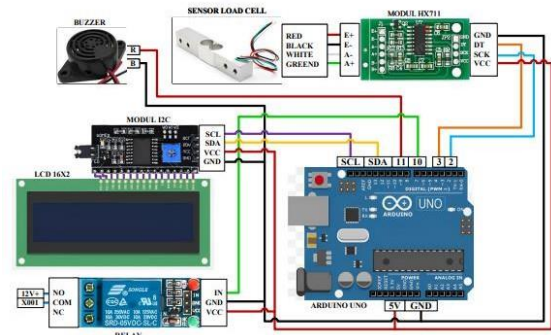
Berikut ini adalah *flowchart* pada sistem alat miniature lift barang 3 lantai dengan penambahan sensor beban, dimulai dari dengan memastikan bahwa pintu lift berada dalam keadaan tertutup. Setelah itu, sistem memeriksa apakah terdapat permintaan untuk menuju salah satu lantai.



Gambar 8. Flowchart Sistem Dengan Load Cell

Rangkaian ini menunjukkan sistem timbangan digital sederhana yang menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama. Sistem ini berfungsi mengukur beban pada *load cell* dan menampilkannya di LCD 16x2, serta mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm jika beban melebihi batas.

1. *Load Cell*: Sensor yang mengubah beban menjadi sinyal listrik, diperkuat dan dikonversi oleh modul HX711.
2. Modul HX711: IC yang memperkuat sinyal dari *load cell* dan mengubahnya menjadi data digital untuk Arduino.
3. Arduino Uno: Mikrokontroler yang memproses data dari HX711, mengontrol LCD, *buzzer*, dan *relay*.
4. LCD 16x2: Layar untuk menampilkan hasil pengukuran beban.
5. *Buzzer*: Alarm yang berbunyi saat beban mencapai batas tertentu.
6. *Relay*: Sakelar yang mengendalikan perangkat berdaya tinggi, seperti motor atau pompa, berdasarkan pengukuran beban.



Gambar 9. Skematik Rangkaian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Pada bagian ini, akan dibahas mengenai penentuan *input* dan *output* yang diterapkan dalam sistem. Proses ini sangat penting karena berhubungan langsung dengan cara sistem mengumpulkan informasi, memproses data tersebut, dan memberikan respons. Bagian ini meliputi identifikasi jumlah serta jenis *input* dan *output*, serta pengalaman atau pemberian *address* yang diperlukan untuk implementasi sistem yang efisien. Dalam sistem ini, terdapat 26 *input* dan 18 *output* yang dirancang untuk memastikan bahwa operasional lift berjalan dengan efektif dan aman. Penggunaan *input* dan *output* ini mendukung kinerja keseluruhan sistem.

Tabel 1. Alamat Input Sistem

No	Address	Comment
1	X001	Threshold
2	X003	Ls Pintu 3 Open
3	X004	Ls Pintu 3 Close
4	X005	Ls Pintu 2 Open
5	X006	Ls Pintu 2 Close
6	X007	Ls Pintu 1 Open
7	X010	Ls Pintu 1 Close
8	X014	Ls Lantai 1
9	X016	Pb Home Post1 Cycle
10	X020	Pb Red Emergency
11	X024	Is Batas Atas
12	X025	Ls Lantai 3
13	X026	Ls Lantai 2
14	X027	Batas Bawah
15	X030	Pb Lantai 3 Ke Lantai 2
16	X031	Pb Lantai 3 Ke Lantai 1
17	X032	Pb Lt 2 Open
18	X033	Pb Lantai 3 Close
19	X034	Pb Lantai 2 Ke Lantai 3
20	X035	Pb Lt 2 Ke Lt 1
21	X036	Pb Lt 2 Open
22	X037	Pb Lt 2 Close
23	X040	Pb Lt 2 Close
24	X041	Pb Lt 1 Req Ke Lantai 2
25	X042	Pb1 Req Open
26	X043	Pb It 1 Close

Setelah menjelaskan berbagai *input* dalam sistem, perhatian terpusat pada *output* yang mengendalikan tindakan serta respons selama pengoperasian lift. *Output* berperan penting dalam mengeksekusi perintah dan memastikan setiap fungsi sistem berjalan dengan baik. Tabel berikut menjelaskan detail *output* pada sistem ini, mencakup fungsi serta tujuan masing-masing *output* guna mendukung operasi lift secara optimal.

Tabel 2. Alamat Output Sistem

No	Address	Comment
1	Y000	Motor Req Turun
2	Y001	Pintu 3 Req On
3	Y002	Pintu 2 Req On
4	Y003	Pintu 1 Req On
5	Y004	Pintu Req On
6	Y006	Pintu Req Close
7	Y014	Lampu L3 Ke 2
8	Y015	Lampu L3 Ke 1
9	Y016	Tutup
10	Y017	Buka
11	Y020	PI Lt 2 Req Ke Lantai 3
12	Y021	PI Lt 2 Req Ke Lantai 1
13	Y022	PI Lt 2 Pintu Open
14	Y023	PI Lt2 Pintu Close
15	Y024	PI Lt 1 Req Ke Lt 3
16	Y025	PI Lt 1 Req Ke Lt2
17	Y026	PI Lt 1 Door Open
18	Y027	PI Lt 1 Door Close

Miniatur lift tiga lantai ini memiliki dimensi *frame* 30 lebar 30 cm dan tinggi 100 cm menggunakan material profil aluminium 20 mm x 20 mm yang ringan namun kokoh untuk menopang struktur. *Frame* dilengkapi *cover* akrilik setebal 2 mm, memberikan tampilan modern dan memungkinkan visualisasi mekanisme lift. Kabin lift berukuran 25 cm x 25 cm x 25 cm, terbuat dari akrilik, cukup luas untuk beban miniatur. Setiap sudut kabin dilengkapi roda kecil untuk pergerakan mulus sepanjang rel.

Sistem penggerak lift dikendalikan otomatis, dengan sensor dan tombol pemanggil di setiap lantai. Saat tombol ditekan, motor bergerak sesuai arah, naik atau turun, dan berhenti ketika sensor mendeteksi kabin mencapai lantai yang diinginkan. Desain sederhana ini merupakan *prototype* dari operasi lift skala penuh. Setiap lantai dilengkapi tombol pemilih lantai 1, 2, 3, serta tombol darurat untuk mengatasi malfungsi. Sensor *proximity* induktif berbahan logam dipasang di setiap lantai.



Gambar 9. Desain Lift Barang 3 Lantai

B. Pembahasan

1. Perancangan Lift Dengan Sensor Berat

Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan lift untuk bergerak antar lantai di bawah berbagai kondisi beban. Beban uji diberikan secara bertahap hingga mencapai atau melebihi ambang batas (*threshold*) yang ditetapkan, yaitu 1000 gram.

Beban uji ditambahkan secara bertahap untuk memastikan bahwa sistem dapat mendeteksi dan merespons kondisi kelebihan beban sesuai spesifikasi yang diharapkan. Data hasil pengukuran *load cell* akan dibandingkan dengan berat standar untuk menentukan tingkat deviasi dan akurasi sistem. Hasil dari perancangan sistem lift barang 3 lantai dengan menambahkan sensor berat adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Dengan Penambahan Load Cell

No	Beban (gram)	Kondisi Sensor Berat	Status Sistem	Alarm
1	200 g	Terdeteksi	Normal	Mati
2	500 g	Terdeteksi	Normal	Mati
3	700 g	Terdeteksi	Normal	Mati
4	1000 g	Threshold	Kelebihan Berat	Aktif

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik, pada beban 200-700 gram, sistem beroperasi normal. Namun, pada beban 1000gram, sensor berat mencapai ambang batas, sistem mendeteksi kelebihan beban, dan larm di aktifkan.

2. Pengujian Akurasi Pengukuran Beban Menggunakan Load Cell 5 Kg

Pengujian dilakukan dengan metode eksperimen, di mana beban standar dengan berat yang sudah diketahui ditempatkan di dua posisi berbeda dalam kabin lift, yaitu di bagian sudut dan tengah. Hal ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh posisi beban terhadap akurasi pengukuran. Lift diuji dalam dua kondisi: kondisi statis (lift diam

di setiap lantai) dan kondisi dinamis (lift bergerak antar lantai). Hasil pengukuran *load cell* kemudian dibandingkan dengan berat standar untuk menghitung deviasi dan menentukan tingkat akurasi sistem pengukuran.

1. Deviasi (gram) adalah selisih antar berat ukur dengan berat sebenarnya. Dihitung dengan rumus:
Deviasi = Berat Terukur – Berat Sebenarnya
2. Deviasi (%) adalah presentase deviasi terhadap berat sebenarnya. Dihitung dengan rumus:

$$\text{Deviasi (\%)} = \left(\frac{\text{Deviasi (Gram)}}{\text{Berat Sebenarnya}} \right) \times 100$$

- a. Pengukuran Beban Pada Posisi Tengah
Tabel 4 mencatat hasil pengukuran berat menggunakan *load cell* di posisi tengah lift. Tujuannya adalah untuk memvalidasi akurasi sensor berat. Data meliputi berat aktual, berat terukur oleh *load cell*, deviasi (selisih), dan presentase deviasi. Hasilnya pada beban 200g, terukur 200,5g (deviasi 0,025%). Pada 500g, terukur 501,8g (deviasi 0,26%). Pada 700g terukur 698,4g (deviasi -0,23%). Data ini menunjukkan akurasi *load cell* dengan deviasi dibawah 1%, menandakan kinerja baik dalam pengukuran berat di sistem lift.

Tabel 4. Pengukuran Pada Posisi Tengah

No	Beban (gram)	Berat Terukur Load Cell (gram)	Deviasi (gram)	Deviasi (%)
1	200 g	200,5 g	0,5	0,25%
2	500 g	501,8 g	1,8	0,36%
3	700 g	698,4 g	-1,6	-0,23%
4	1000 g	992,7 g	-7,3	-0,73%

- b. Pengukuran Pada Posisi Sudut
Tabel 5 menyajikan data hasil pengukuran berat menggunakan *load cell* yang ditempatkan pada posisi sudut lift, pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor berat dalam mengukur beban yang diberikan pada posisi yang berbeda dari sebelumnya (posisi tengah). Data yang tercatat meliputi berat aktual beban yang digunakan sebagai acuan, berat yang terukur oleh *load cell*, selisih antara keduanya dan presentase deviasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada saat beban 200gram diberikan, load cell mencatat 265 gram, dengan deviasu sebesar -35gram atau -17,50%. Ketika beban 500 gram di uji, berat yang terukur adalah 446 gram, menghasilkan deviasi -54gram atau -10,80%. Pada pengujian beban 700gram, *load cell* mengukur 610 ram, dengan deviasi -90gram atau 12.86%. terakhir, pada beban 100gram, *load cell* mencatat 862 gram, dengan deviasi-138gram atau -13.80%.

Tabel 5. Pengukuran Pada Posisi Sudut

No	Beban (gram)	Berat Terukur Load Cell (gram)	Deviasi (gram)	Deviasi %
1	200 g	165 g	-35	-17.50%
2	500 g	446 g	-54	-10,80%
3	700 g	610 g	-90	-12,86%
4	1000 g	862 g	-138	-13,80%

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana variasi massa benda yang diangkat oleh lift mempengaruhi kinerja motor DC dalam hal kecepatan angkat dan konsumsi daya.

Lift dioperasikan dengan beban yang bervariasi, dan diukur kecepatan angkat serta konsumsi daya motor DC. Untuk menghitung konsumsi daya (Watt) dari motor DC dapat menggunakan rumus berikut :

$$P (W) = V (V) \times I (A)$$

Keterangan :

P = Daya

V = Tegangan

I = Arus

Tegangan Motor DC = 12 V

Arus (mA) adalah nilai arus yang diukur dalam mA
Daya (Watt) hasil perhitungan daya dalam watt dengan rumus diatas, Dimana V = 12 dan I adalah arus dalam ampere (dikonfersi dari mA)

Rumus konversi arus milliampere ke ampere

$$I (A) = I (mA) \times 10^{-3}$$

Hasil pengujian untuk melihat konsumsi daya yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Konsumsi Arus Dengan Beban Yang Berbeda

Tabel 6. Pengujian Beban Terhadap Arus

No	Beban (gram)	Arus (mA)		
		L1 ke I2	L2 ke I3	L1 ke L3
1	200 g	0,38	0,42	0,38
2	500 g	0,38	0,43	0,37
3	700 g	0,44	0,45	0,40
4	1000 g	0,45	0,45	0,45
5	1200 g	0,50	0,50	0,49
6	1500 g	0,53	0,55	0,53
7	1700 g	0,57	0,59	0,57
8	2000 g	0,68	0,66	0,66
9	2200 g	0,74	0,72	0,70
10	2500 g	0,80	0,77	0,78

Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa konsumsi arus pada sistem listrik berbanding lurus dengan berat beban yang diangkat. Semakin berat beban, semakin berat arus listrik yang dibutuhkan. Hal ini penting untuk memahami kebutuhan daya listrik lift dan merancang sistem kelistrikan yang sesuai. Tujuannya adalah untuk menganalisis bagaimana konsumsi arus pada tiga jalur berbeda dimana L1 yang berarti lantai 1, L2 lantai 2 dan L3 lantai 3. Data yang tercatat meliputi berat beban dalam gram dan besarnya arus listrik yang terukur dalam miliampere (mA) pada masing-masing jalur.

2. Konsumsi Daya Dengan Beban Berbeda

Tabel 7. Pengujian Beban Terhadap Daya

No	Beban (gram)	Daya (Watt)		
		1 ke 2	2 ke 3	1 ke 3
1	200 g	0,00456	0,00504	0,00456
2	500 g	0,00456	0,00516	0,00444
3	700 g	0,00528	0,00540	0,00480
4	1000 g	0,00540	0,00540	0,00540
5	1200 g	0,00600	0,00600	0,00588
6	1500 g	0,00636	0,00660	0,00636
7	1700 g	0,00684	0,00708	0,00684
8	2000 g	0,00816	0,00792	0,00792
9	2200 g	0,00888	0,00864	0,00840
10	2500 g	0,00960	0,00924	0,00936

Dari tabel diatas, terlihat bahwa arus yang diperlukan untuk mengoperasikan lift meningkat seiring dengan bertambahnya beban, karena motor membutuhkan lebih banyak energi untuk mengangkat beban yang lebih berat.

Analisis terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan pada sistem Rancang Bangun Sistem Lift Barang 3 Lantai Berbasis PLC Dengan Deteksi Kelebihan Beban Menggunakan Sensor *Load Cell* Untuk Optimalisasi Keamanan.

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem lift berfungsi sesuai dengan desain. Saat beban melebihi ambang batas 1000 gram, sensor berat mendeteksi kondisi ini dan sistem secara otomatis bunyi alarm *buzzer* sebagai tanda kelebihan beban. Hal ini membuktikan bahwa perancangan lift barang dengan penambahan sensor berat telah berhasil dirancang.
2. Pengukuran beban pada posisi tengah (Tabel 2) menunjukkan hasil yang cukup akurat, dengan deviasi berkisar antara -0,73% hingga 0,36%. Beban 200 g dan 500 g menghasilkan deviasi positif, sedangkan beban 700 g dan 1000 g menunjukkan deviasi negatif. Sebagai contoh, beban 200 g memiliki deviasi sebesar 0,5 gram (0,25%), sementara beban 1000 g mencatat deviasi -7,3 gram (-0,73%). Sistem ini menunjukkan konsistensi yang baik untuk pengukuran di posisi tengah, menandakan *load cell* bekerja dengan optimal. Sementara itu, pengukuran pada posisi sudut sisi (Tabel 3) menunjukkan deviasi yang lebih besar, berkisar antara -10,80% hingga -17,50%. Semua pengukuran menunjukkan hasil lebih rendah dari berat sebenarnya. Pada beban 200 g, deviasi tercatat sebesar -35 gram (-17,50%), sedangkan untuk 1000 g, deviasinya

mencapai - 138 gram (-13,80%). Hal ini mengindikasikan bahwa pengukuran pada sudut sisi kurang akurat, kemungkinan akibat distribusi beban yang tidak merata atau pengaturan sensor yang kurang optimal.

3. Untuk beban 200 gram, arus yang diambil berkisar antara 0,38 mA hingga 0,42 mA, sedangkan untuk beban 2500 gram, arus yang diambil berkisar antara 0,77 mA hingga 0,80 mA. Arus yang lebih tinggi menunjukkan bahwa motor bekerja lebih keras dan membutuhkan lebih banyak energi untuk mengatasi resistansi tambahan yang disebabkan oleh peningkatan beban. Daya yang dikonsumsi oleh motor juga meningkat seiring dengan meningkatnya beban. Ini sesuai dengan rumus dasar daya listrik ($P=V \times I$), di mana arus meningkat seiring dengan beban, menyebabkan peningkatan daya. Konsumsi daya bervariasi antara lantai meskipun tegangan konstan pada 12V. Pada beban 2500 gram, konsumsi daya dari L1 ke L2 adalah 0,00960 Watt, dari L2 ke L3 adalah 0,00924 Watt, dan dari L1 ke L3 adalah 0,00936 Watt. Ini menunjukkan adanya sedikit perbedaan efisiensi dalam operasi motor pada lintasan yang berbeda. Variasi dalam konsumsi daya antar lantai juga mengindikasikan bahwa faktor-faktor seperti panjang lintasan, kondisi mekanis lintasan, dan distribusi beban dapat mempengaruhi kinerja motor DC.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan serangkaian pengujian dan analisis terhadap sistem lift barang 3 lantai yang dilengkapi dengan sensor berat, kesimpulan yang di dapat sebagai berikut : Berdasarkan hasil pengujian, berikut ini adalah kesimpulan yang dapat diambil untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan.

1. Penambahan sensor berat dilakukan untuk memastikan sistem dapat mendeteksi dan merespons kondisi beban dengan akurat. Sensor berat yang digunakan berfungsi untuk memantau beban yang ada dalam kabin lift dan menghindari kelebihan beban yang dapat merusak sistem atau mengganggu operasional lift. Desain sistem melibatkan integrasi sensor berat dengan kontrol PLC untuk otomatisasi pergerakan lift berdasarkan beban yang terdeteksi.
2. Akurasi pengukuran berbasis *load cell* dipengaruhi oleh posisi beban. Selain itu, pada posisi tengah, deviasi kecil, dengan persentase antara -0,73% hingga 0,36%. Sebaliknya, pada posisi sisi, deviasi jauh lebih besar, mencapai -17,50%. Hal Ini menunjukkan *load cell* berfungsi dengan baik di posisi tengah.
3. Variasi massa benda mempengaruhi kinerja motor DC, terutama dalam kemampuan angkat

dan efisiensi. Pengujian menunjukkan motor mampu mengangkat beban hingga 10 kg, namun variasi massa dapat mempengaruhi performa. Penyesuaian kontrol motor mungkin diperlukan agar motor tetap bekerja optimal. Evaluasi terhadap beban yang berbeda menunjukkan bahwa motor harus menyesuaikan kinerjanya dengan variasi massa agar sistem lift beroperasi secara efisien

B. Saran

Adapun saran untuk perancangan sistem ini yang bertujuan untuk pengembangan kedepannya yaitu sebagai berikut:

1. Motor Torsi Lebih Besar: Gunakan motor bertorsi tinggi untuk menjaga stabilitas kecepatan angkat pada beban berat.
2. Kalibrasi dan Validasi: Lakukan kalibrasi rutin dan validasi dengan standar presisi untuk menjaga akurasi pengukuran.
3. Sistem Kontrol: Terapkan kontroler PID atau *fuzzy logic* untuk efisiensi pengaturan kecepatan dan beban.
4. Pengujian Skala Besar: Uji sistem pada beban lebih besar untuk mengidentifikasi batas kemampuan dan perbaikan.
5. *Counterweight*: Tambahkan *counterweight* untuk stabilitas, mengurangi beban motor, dan meningkatkan akurasi.
6. Penempatan *Load Cell*: Pasang *load cell* pada tegangan tali untuk pengukuran yang lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z., Zaenudin, M., & Saleh, Y. K. P. (2023). Perancangan kontroler pada konveyor pendeteksi berat menggunakan load cell berbasis PLC. *Technopex*, 2023, 66-78.
- Evalina, N., Azis, A. H., & Zulfikar. (2018). Pengaturan kecepatan putaran motor induksi 3 fasa menggunakan programmable logic controller. *Journal of Electrical Technology*, 3(2), 73-80.
- Fauzi, N. A., Hapsari, G. I., & Rosmiati, M. (2019). Prototipe sistem monitoring berat muatan truk. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 5(3), 2433-2440. doi: 10.26418/jiik.v5i3.11089
- Goeritno, A., & Pratama, S. (2020). Rancang-bangun prototipe sistem kontrol berbasis programmable logic controller untuk pengoperasian miniatur penyortiran material. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(3).
- Halim, L., Falah, W. F., & Saputro, N. (2023). Perancangan awal sistem automatic self-checkout untuk produk buah berbasis CNN dan sensor berat loadcell. *Jurnal Teknik*, 21(1), 1-16.
- Karmiati, B. T., & Fidania, M. (2024). Perancangan alat angkat untuk rol kain. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 1433-1443.
- Lubis, A. S., Banurea, R., & Hulu, F. N. (n.d.). Rancang bangun sistem kendali pada prototype elevator barang 3 lantai menggunakan touch sensor. Mitsubishi Electric.
- Mitsubishi Electric. (2015). Fx1n series

programmable controllers. Retrieved August 14, 2024, from (link unavailable)

- Mitsubishi Electric. (2015). The fx series of programmable controller (FX1S, FX1N, FX2N, FX2NC). Retrieved August 14, 2024, from (link unavailable)
- Pratama, R. B., Safaruddin, S., & Septian, A. (2022). Prinsip kerja sensor load cell pada spout filling station rotary packer PT. Semen Baturaja. *Jurnal Multidisipliner Kapalamada*, 1(04), 428-437.
- Raza, E., & Komala, A. L. (2020). Manfaat dan dampak digitalisasi logistik di era industri 4.0. *Jurnal Logistik Indonesia*, 4(1), 49-63.
- Sam, N. N., Rifaldi, M., Wibowo, N. R., & Nur, M. (2020). Rancang bangun modul praktik load cell dengan kapasitas 20 kg berbasis arduino nano. *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)*.
- Suwanda, T., Sudarisman, S., Kurniawan, A., & Ardiyansyah, N. (2023). Pembuatan lift barang untuk rumah dua lantai. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(2), 265-278.
- Widagdo, D. Y., Koesmariyanto, K., & Arinie, F. (2020). Sistem pencatatan hasil timbangan menggunakan sensor load cell melalui database berbasis arduino uno. *Jurnal Jartel: Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 10(1), 13.
- Yandra, E. F., Lapanporo, B. P., & Jumarang, M. I. (2016). Rancang bangun timbangan digital berbasis sensor beban 5 kg menggunakan mikrokontroler atmega328. *Positron*, 6(1), 23-28. doi: 10.26418/positron.v6i1.15924