

TUGAS AKHIR

**PENGONTROLAN KECEPATAN CONVEYOR OTOMATIS
MENGUNAKAN ARDUINO CLOUD**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

Yogi Adetia Saputra
1807220022



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Yogi Adetia Saputra

NPM : 1807220022

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Pengontrolan Kecepatan Conveyor Otomatis Menggunakan Arduino Cloud

Bidang Ilmu : Sistem Kendali

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Juli 2025

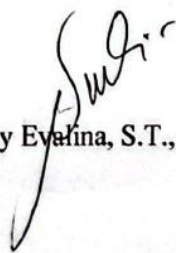
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



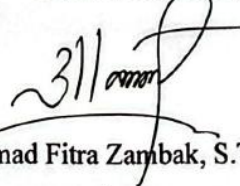
Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu, S.T, S.Pd, M.T

Dosen Pembimbing I



Noorly Evalina, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II



Assoc. Prof. Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc

Ketua Prodi Teknik Elektro



Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu, S.T, S.Pd, M.T

LEMBAR PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa skripsi yang berjudul di bawah ini:

PENGONTROLAN KECEPATAN CONVEYOR OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO CLOUD

Ditulis oleh Mahasiswa/i yang bernama:
Yogi Adetia Saputra (NPM: 1807220022)

untuk kemudian disebut sebagai Pihak ke-1,

adalah benar merupakan sebagian hasil dari penelitian Dosen yang melibatkan Mahasiswa/i (Pihak ke-1) di bawah ini:

Judul penelitian : Pengontrolan Kecepatan Conveyor Otomatis Menggunakan Arduino Cloud

Nama dosen : Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T (NIDN: 0130118101)

Jenis penelitian : Dikti; UMSU; Mandiri; Hibah lainnya. (coret yang tidak perlu)

Nomor kontrak : (tidak diisi untuk Penelitian Mandiri)

untuk kemudian disebut sebagai Pihak ke-2.

Untuk itu Pihak ke-2 berhak mempublikasikan isi Skripsi seluruhnya tanpa harus meminta izin dari Pihak ke-1. Sedangkan Pihak ke-1 wajib meminta izin terlebih dahulu kepada Pihak ke-2 bila ingin mempublikasikan isi Skripsi ini.

Demikian Surat Pernyataan dan Persetujuan ini dibuat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Medan, 21 Juli 2025

Yang membuat pernyataan dan persetujuan:

Pihak ke-2 (Dosen)



(Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T)
NIDN: 0130118101

Pihak ke-1 (Mahasiswa/i)



(Yogi Adetia Saputra)
NPM: 1807220022.

Diketahui oleh:

Ketua Program Studi Teknik Elektro



(Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T)
NIDN: 0130118101

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Yogi Adetia Saputra
Tempat /Tanggal Lahir: Medan, 13 September 2000
NPM : 1807220022
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“ Pengontrolan Kecepatan Conveyor Otomatis Menggunakan Arduino Cloud”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Juli 2025

menyatakan,

Yogi Adetia Saputra

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, menganalisis prinsip kerja, dan mengimplementasikan sistem *conveyor* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan kemampuan kontrol kecepatan otomatis. Sistem ini memanfaatkan sensor load cell untuk mengukur berat objek yang diangkut, yang kemudian digunakan sebagai parameter untuk mengontrol kecepatan motor stepper penggerak conveyor. Data berat dan kecepatan motor secara real-time dipantau melalui platform *Arduino Cloud*. Prototipe sistem berhasil dibangun dan diuji untuk memverifikasi kemampuan sensor dalam mengukur berat, efektivitas kontrol kecepatan motor berdasarkan beban (ringan: 0-500 gram - cepat, sedang: 501-700 gram - sedang, berat: 701-1000 gram - lambat, teruji pada 400 gram - cepat, 640 gram - sedang, 860 gram - lambat), dan keberhasilan pengiriman data ke *platform cloud*. Hasil penelitian menunjukkan kelayakan implementasi sistem *conveyor* otomatis yang dapat dipantau dan dikelola dari jarak jauh menggunakan teknologi IoT.

Kata Kunci: *Conveyor*, IoT, Kecepatan Otomatis, dan *Arduino Cloud*

ABSTRACT

This research aims to design, analyze the working principle of, and implement an Internet of Things (IoT)-based conveyor system with automatic speed control capabilities. This system utilizes a load cell sensor to measure the weight of the transported object, which is then used as a parameter to control the speed of the stepper motor driving the conveyor. Real-time data on weight and motor speed are monitored through the Arduino Cloud platform. A prototype of the system was successfully built and tested to verify the sensor's ability to measure weight, the effectiveness of the motor speed control based on load (light: 0-500 grams - fast, medium: 501-700 grams - medium, heavy: 701-1000 grams - slow, tested at 400 grams - fast, 640 grams - medium, 860 grams - slow), and the successful transmission of data to the cloud platform. The results of the research indicate the feasibility of implementing an automated conveyor system that can be monitored and managed remotely using IoT technology.

Keywords: Conveyor, IoT, Automatic Speed, and Arduino Cloud

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Seminar Hasil Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengontrolan Kecepatan Conveyor Otomatis Menggunakan Arduino Cloud” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda dan Ibunda tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
3. Bapak Dr. Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ade Faisal, ST, M.Sc, Ph.d selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi S.T, M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu, ST, S.Pd, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Ibu Dr. Elvy Sahnur Nasution S.T, M.Pd, selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu, ST, S.Pd, MT selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.

9. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T selaku Pembanding I Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak Assoc. Prof. Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T.,M.Sc selaku Pembanding II dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
11. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik eletroan kepada penulis.
12. Segenap kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2018 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa. Salam Kompak.
13. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 21 Juli 2025

Yogi Syahputra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 Sistem <i>Conveyor</i> Otomatis.....	8
2.3 Motor Stepper	9
2.4 Motor Stepper 28BYJ	11
2.5 <i>Driver</i> Motor A4988	12
2.6 Arduino	15
2.7 Control Board ESP32.....	17
2.8 Sensor Load Cell	18
2.9 Modul amplifier HX711	23
2.10 Arduino IDE.....	24
2.11 Switch.....	25
2.12 LM2596 DC-DC	26
2.13 Adaptor.....	29
2.14 Komunikasi Nirkabel (<i>Wireless</i>).....	30
2.15 Internet of Things (IoT)	31
2.16 Desain dan Arsitektur IoT	32
2.17 Fritzing	34
2.18 <i>Arduino Cloud</i>	35
BAB 3 ETODOLOGI PENELITIAN	33

3.1	Tempat dan Jadwal Penelitian.....	33
3.2	Perancangan Perangkat Sistem	33
3.3	Proses Pembuatan Skema Alat.....	34
3.4	Blok Diagram Rangkaian.....	35
3.5	Prinsip Kerja Sistem.....	36
3.6	Flowchart	38
3.7	Rangkaian Keseluruhan	39
3.8	Metode Pengujian Pada Perangkat.....	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		61
4.1	Pengujian conveyor berbasis IoT	61
4.2	Cara kerja alat conveyor berbasis IoT.....	63
4.3	Code Program Arduino	67
4.4	Pengujian Kontrol Otomatis Alat Conveyor berbasis IoT	70
4.5	Pengujian Alat.....	72
BAB 5 PENUTUP		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA		77

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Mengenal conveyor otomatis	8
Gambar 2. 2 Motor Stepper NEMA 17	10
Gambar 2. 3 Motor Stepper 28BYJ.....	12
Gambar 2. 4 Motor Driver A4988.....	13
Gambar 2. 5 Skematik Stepper Motor Driver A4988	14
Gambar 2. 6 DriverTB6600	15
Gambar 2. 7 ESP32	17
Gambar 2. 8 loadcell	18
Gambar 2. 9 (a) Strain Gauge pada sensor loadcell (b) Strain Gauge disusun dalam jembatan wheatstone	19
Gambar 2. 10 Foil Strain Gauge merenggang dan merapat.....	19
Gambar 2. 11 Rangkaian Jembatan Wheatstone.....	20
Gambar 2. 12 Akurasi pada sensor	22
Gambar 2. 13 Modul amplifier HX711	24
Gambar 2. 14 Tampilan Arduino IDE.....	25
Gambar 2. 15 Macam-macam Switch.....	26
Gambar 2. 16 LM2596 DC-DC Converter	28
Gambar 2. 17 adaptor.....	29
Gambar 2. 18 Jenis Komunikasi Nirkabel	30
Gambar 2. 19 Teknologi Internet of Things.....	32
Gambar 2. 20 Diagram 3 dimensi IoT	33
Gambar 2. 21 Interface Fritzing	35
Gambar 2. 22 Arduino Cloud.....	36
Gambar 4. 1 Diagram blok conveyor berbasis IoT	62
Gambar 4. 2 keseluruhan conveyor.....	64
Gambar 4. 3 Grafik pengujian conveyor.....	66
Gambar 4. 4 Rangkaian conveyor berbasis IoT yang terhubung dengan smartphone android.....	70
Gambar 4. 5 Web Arduino Cloud	71
Gambar 4. 6 Belt conveyor	74
Gambar 4. 7 Penempatan sensor load cell.....	74
Gambar 4. 8 Neraca pada conveyor	75

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Spesifikasi Motor Stepper Nema 17	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi Stepper Motor Driver A4988.....	14
Tabel 2. 3 Beberapa Jenis Arduino	16
Tabel 2. 4 Spesifikasi dari ESP32	17

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pesat di era industri modern menuntut adanya proses produksi yang efektif dan efisien untuk memenuhi kebutuhan manusia yang terus meningkat. Dalam menunjang kegiatan produksi, teknologi otomasi seperti konveyor memegang peranan krusial. Konveyor berfungsi sebagai jalur distribusi untuk memindahkan material atau produk dari satu stasiun kerja ke stasiun berikutnya secara berkelanjutan. Penggunaan konveyor secara signifikan meningkatkan produktivitas dengan menghemat waktu dan tenaga manusia, sehingga pekerja dapat dialihkan ke tugas lain yang memiliki nilai tambah lebih tinggi. Selain itu, sistem ini juga berperan penting dalam meningkatkan aspek keselamatan kerja, terutama saat menangani material yang berat atau berbahaya.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, operasional konveyor konvensional masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu masalah utama adalah kerusakan pada motor listrik penggerak yang sering kali disebabkan oleh minimnya pemantauan dan perawatan. Jam operasional (*running hours*) yang tidak terkontrol, beban berlebih, dan kurangnya sistem peringatan dini dapat menyebabkan panas berlebih (*overheating*), keausan pada bantalan (*bearing*), dan kerusakan fatal yang menghentikan proses produksi. Perbaikan yang memakan waktu lama pada akhirnya akan menurunkan kinerja dan menyebabkan kerugian produktivitas. Ketidadaan sistem kontrol cerdas juga membuat konveyor sering beroperasi dengan kecepatan konstan yang tidak efisien, terlepas dari berat beban yang diangkut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan solusi modern dengan mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem konveyor. Dengan judul “Pengontrolan Kecepatan Conveyor Otomatis Menggunakan Arduino Cloud”, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem yang mampu bekerja secara cerdas dan dapat dipantau dari jarak jauh. Pemanfaatan platform Arduino Cloud memungkinkan pengiriman notifikasi dan data operasional secara *real-time* ke gawai pengguna, sehingga

kondisi mesin dapat selalu diawasi untuk mencegah kerusakan dan mengoptimalkan penggunaannya.

Secara lebih terperinci, tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem prototipe konveyor yang dapat mengatur kecepatannya secara otomatis berdasarkan berat beban yang dideteksi, dengan memanfaatkan platform Arduino Cloud sebagai pusat kontrol dan monitoring. Selanjutnya, penelitian ini akan menganalisis prinsip kerja sistem secara keseluruhan, mulai dari pembacaan data oleh sensor, proses pengambilan keputusan oleh mikrokontroler, hingga eksekusi perintah kontrol kecepatan pada motor penggerak. Terakhir, tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan dan melakukan pengujian terhadap rancangan alat, termasuk membuat program pada Arduino dan konfigurasinya pada Arduino Cloud, untuk memverifikasi bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu :

1. Bagaimana pengontrolan kecepatan conveyor otomatis menggunakan Arduino Cloud?
2. Bagaimana prinsip kerja Arduino Cloud dalam mengontrol kecepatan conveyor otomatis?
3. Bagaimana hasil pemograman pengontrolan kecepatan conveyor otomatis menggunakan Arduino Cloud?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian adalah:

1. Untuk melakukan perancangan agar conveyor dapat berjalan secara otomatis menggunakan Arduino Cloud.
2. Untuk menganalisa prinsip kerja conveyor dari pemograman Arduino Cloud dalam penggunaan prototipe conveyor otomatis menggunakan Arduino Cloud.
3. Untuk menganalisa dan memogram alat perancangan system conveyor otomatis menggunakan Arduino Cloud.

1.4 Ruang Lingkup

Agar tidak terjadi perluasan pembahasan dalam penelitian ini, diberikan beberapa batasan masalah berupa:

1. Merancang pengontrolan kecepatan conveyor otomatis menggunakan Arduino Cloud.
2. Pemasangan Arduino Cloud terhadap pengontrolan conveyor otomatis.
3. Memprogram hasil pengontrolan kecepatan conveyor otomatis.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Memberikan manfaat terhadap mahasiswa dengan menciptakan inovasi dan mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh dalam perkuliahan. Tentang pengontrolan conveyor otomatis menggunakan Arduino Cloud.
2. Untuk mengetahui notifikasi di smartphone dengan sistem pemograman Arduino Cloud pada alat convoyer otomatis. .
3. Agar dapat memonitoring dan memudahkan dalam pengoperasian conveyor secara otomatis menggunakan Arduino Cloud.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Berdasarkan kajian pustaka sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian pada sistem conveyor yang terdahulu tentang pengontrolan kecepatan melalui parameter berat beban sebagai klasifikasi pada penggunaan conveyor otomatis dengan hasil yang sudah dipublikasikan baik secara nasional maupun internasional adalah sebagai berikut: Sistem kontrol otomatis telah mendorong manusia untuk mengatasi segala masalah dengan lebih mudah, efisien, dan efektif (Pasaribu et al., 2021). Kontrol otomatis dapat menggantikan peran manusia dalam meringankan segala aktifitasnya secara tidak langsung (Pasaribu et al., 2024).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan tentang Pengontrolan kecepatan motor pada conveyor sangat perlu diperhatikan agar bisa berputar pada set point yang diinginkan. Kontroler yang sering digunakan adalah kontroler PID. Kontroler PID memerlukan parameter K_p , K_i , K_d , dan setpoint untuk bekerja. Parameter tersebut perlu disesuaikan agar sistem bekerja dengan optimal. Kesesuaian parameter bisa dilihat dengan grafik kecepatan motor terhadap waktu. Selama ini penyesuaian parameter dan pemantauan respon sistem dilakukan melalui kabel dengan jarak yang terbatas. Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem kontrol Proporsional Integral Derivatif pada mini conveyor dengan protokol Message Queuing Telemetry Transport berbasis Internet of Things sehingga penyesuaian parameter dan pemantauan respon sistem bisa dilakukan dari jarak jauh sekaligus mengetahui unjuk kerja sistem. Dari 8 pengujian BER yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa BER bernilai 0 untuk masing-masing percobaan. Percobaan 8 kali tersebut meliputi 10 detik, 30 detik, 60 detik, 90 detik, 120 detik, 150 detik, 180 detik, dan 210 detik. Dari pengujian PID yang dilakukan, didapatkan nilai $K_p=0,72$; $K_i=26,67$; $K_d=0,02$. Ess (error steady state) pada pengujian tanpa beban sebesar 1,07%, pada beban 1Kg sebesar 2,16%, dan pada beban 2Kg sebesar 1,74% (Winoto et al., n.d.).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan tentang Pengontrolan kecepatan motor pada conveyor sangat perlu diperhatikan agar bisa berputar pada set point yang diinginkan. Kontroler yang sering digunakan adalah kontroler PID. Kontroler PID memerlukan parameter K_p , K_i , K_d , dan setpoint untuk bekerja. Parameter tersebut perlu disesuaikan agar sistem bekerja dengan optimal. Kesesuaian parameter bisa dilihat dengan grafik kecepatan motor terhadap waktu. Selama ini penyesuaian parameter dan pemantauan respon sistem dilakukan melalui kabel dengan jarak yang terbatas. Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem kontrol Proporsional Integral Derivatif pada mini conveyor dengan protokol Message Queuing Telemetry Transport berbasis Internet of Things sehingga penyesuaian parameter dan pemantauan respon sistem bisa dilakukan dari jarak jauh sekaligus mengetahui unjuk kerja sistem. Dari 8 pengujian BER yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa BER bernilai 0 untuk masing-masing percobaan. Percobaan 8 kali tersebut meliputi 10 detik, 30 detik, 60 detik, 90 detik, 120 detik, 150 detik, 180 detik, dan 210 detik. Dari pengujian PID yang dilakukan, didapatkan nilai $K_p=0,72$; $K_i=26,67$; $K_d=0,02$. Ess (error steady state) pada pengujian tanpa beban sebesar 1,07%, pada beban 1Kg sebesar 2,16%, dan pada beban 2Kg sebesar 1,74% (Winoto et al., n.d.).

Menurut (Wandanaya, 2021) Dalam perkembangan ilmu teknologi dibidang elektronika khususnya sistem kendali sekarang ini, banyak manfaat yang bisa dirasakan oleh sebagian besar manusia. Dengan perkembangan revolusi industri dan semakin meningkatnya ragam jenis industrinya, sangat mempengaruhi tingkat efisiensi kerja. Permasalahan perhitungan jumlah barang hasil produksi sangatlah menjadi dilema untuk diatasi, karena membutuhkan ketelitian dan konsentrasi. Sedangkan sumber daya manusia sangat terbatas. Maka dari itu dirancang suatu prototype untuk menggantikan pekerjaan manusia, sehingga hasilnya bisa cepat dan tepat. Metode penelitian dengan memadukan beberapa sistem counter serta Mikrokontroler menjadi sebuah sistem yang bermanfaat. Prototype yang dibuat bertujuan menghitung jumlah barang material hasil produksi. Metode identifikasi masalah, prototype, studi literature, analisa, dan evaluasi. Sistem counter yang ditanamkan kepada mikrokontroler Arduino uno dipadukan dengan conveyor bekerja jika barang melewati sensor pada conveyor maka barang akan

terhitung, secara otomatis akan ditampilkan pada LCD dan buzzer akan berbunyi kemudian akan dikalkulasi perhari atau dapat disetting sesuai keinginan. Dengan demikian siapapun yang berkepentingan dengan proses ini, akan mengetahui jumlah barang yang terhitung secara real time, tepat dan cepat. Pelaporan proses perhitungan barang dapat direkap dan diketahui kapan saja. Dengan sistem ini, dapat membantu pekerjaan manusia sehingga dapat mengurangi kesalahan.

Kemudian Pada penelitian (Achlisson & Suhartono, 2020) Hasil pengukuran sensor load cell terkadang memiliki perbedaan yang signifikan bahkan memiliki berat yang sama, hal ini biasanya disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai yang diukur, oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap hasil pengukuran suatu beban dilakukan dengan alat ukur yaitu beras, bungkusan dan buah. Analisis ini dilakukan untuk menentukan beban benda mana yang lebih efisien dan akurat dalam melakukan beberapa perhitungan berat. Proses pengukuran berat badan menggunakan sensor load cell dilakukan berdasarkan perangkat Arduino. Setelah diperoleh hasil pengukuran kemudian dianalisa dan dibandingkan antara hasil pengukuran beras, kemasan dan buah untuk mengetahui tingkat efisiensi sensor load cell. Berdasarkan hasil percobaan buah, pengukuran antara hasil dengan nilai sebenarnya adalah 4%. Hasil pengukuran buah memiliki efisiensi sensor load cell.

Pada penelitian berikutnya yang membahas tentang Efisiensi konsumsi untuk menghemat penggunaan energi terutama pada system tata udara, perlu adanya perhitungan efisiensi energy pada system kelistrikannya. Dikarenakan adanya Global Warming yang salah satunya menyebabkan pemborosan energi. Maka, diperlukan analisa energi untuk mengetahui efektifitas dan peluang penghematan energi daya. Contohnya Energi daya pada system daya distribusi Water Chiller menentukan spesifikasi pengondisian suhu udara, serta memperkecil pemborosan energy pada saat mesin berkerja dan pada saat mesin mati (Defrost). Dalam perhitungan audit energy awal ini, akan dicari IKE (Intensitas Konsumsi Energi) pada Head Office PT Maspion Group, dengan memanfaatkan data historis energy (data yang diperoleh tanpa hasil pengukuran) serta data-data bangunan yang telah tersedia luasan area kotor serta luasan area office yang dikondisikan. Dalam

analisnya, akan ditampilkan gambaran siklus pemanfaatan energy yang terjadi pada Head Office PT Maspion Group. Perhitungan energi listrik dilakukan dengan menggunakan data berdasarkan pada nilai terukur yang terbaca pada KWH meter di tiap-tiap unit yang terletak pada ruang control panel (control panel room) dan melakukan pengukuran langsung menggunakan digital clamp meter di Head Office Maspion Group. Dalam melakukan pengukuran arus dengan menggunakan digital clamp meter. Mengalami kesulitan dalam pengukuran besarnya arus, yang dilakukan pada KWH meter ruang control panel. Kesulitan itu disebabkan karena celah kawat antar fasa pada tiap unit terlalu kecil. Sehingga mempersulit dalam pengukuran arus dengan tang amper. Peralatan-peralatan yang disediakan adalah jam tangan dan Digital Clamp Meter yang berfungsi untuk mengukur arus, sedangkan untuk KWH cukup dengan melakukan pengamatan langsung. (Kurniawan & Deviyanti, 2021).

Menurut (Eriyadi et al., 2020) Peralatan - peralatan yang dahulu bekerja secara manual sekarang mulai banyak dikembangkan secara otomatis. Ketelitian pada proses penimbangan biji jagung sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan mendesain dan implementasi sistem kontrol penimbangan untuk mengendalikan keakuratan takaran massa pada pengisian kemasan bibit jagung dan mengetahui variasi kapasitas rotary valve pada mesin pneumatic conveying dengan mengontrol kecepatan aliran biji jagung. Metode penelitian diawali dengan proses perancangan, gambar desain sistem kontrol, diagram blok sistem kontrol, pembuatan dan pengujian sistem kontrol. Proses pembuatannya meliputi pembuatan desain sistem kontrol, pembuatan software, perakitan sistem kontrol massa penimbangan dan aliran biji jagung pada mesin. Hasil dari penelitian ini adalah telah diimplementasikan sistem kontrol massa penimbangan dan laju aliran biji jagung pada mesin pneumatic conveying berbasis mikrokontroler arduino dengan pengujian kontrol massa penimbangan pada setpoint 2000 gram didapatkan persentase keberhasilan sebesar 99,19%, pada setpoint 5000 gram didapatkan persentase keberhasilan sebesar 99,17%, dan pada setpoint 8000 gram didapatkan persentase keberhasilan sebesar 99,54%. Sedangkan pada pengujian kontrol kecepatan aliran bibit jagung pada variasi kecepatan 50 rpm didapatkan hasil penimbangan kapasitas sebesar 2,21 kg/menit, pada variasi kecepatan 60 rpm

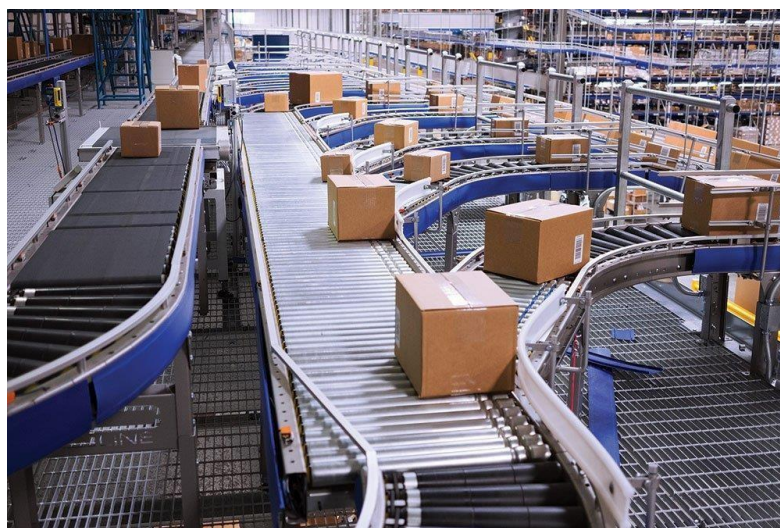
didapatkan hasil penimbangan kapasitas sebesar 2,67 kg/menit, dan pada variasi kecepatan 70 rpm didapatkan hasil penimbangan kapasitas sebesar 2,79 kg/menit.

Berdasarkan hal diatas, dapat disimpulkan bahwa ada beberapa faktor yang dapat mendukung untuk sistem pengontrolan kecepatan melalui parameter berat beban sebagai klasifikasi pada penggunaan conveyor otomatis adalah dengan menggunakan kemajuan teknologi dan alat alat sensor yang terus berkembang untuk mempercepat proses pengerjaan dalam suatu industri.

2.2 Sistem *Conveyor* Otomatis

Konveyor (*conveyor*) adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengangkat atau memindahkan material. Mulai dari material curah hingga material satuan. Menggunakan konveyor Anda bisa memindahkan materi secara mudah dari satu tempat ke tempat lain secara kontinu berapapun jumlahnya.

Conveyor system Indonesia memiliki prinsip kerja sederhana. Dimana alat ini akan memindahkan material apa saja yang ada di atas belt. Setibanya umpan di head, maka material akan ditumpahkan lantaran belt bergerak berbalik arah. Belt konveyor sendiri bisa bergerak karena digerakkan oleh head pulley atau drive yang memakai motor penggerak. Head pulley tersebut akan menarik belt konveyor memanfaatkan gesekan antara permukaan drum dan belt dengan kapasitas yang bergantung dengan gaya gesekannya.



Gambar 2. 1 Mengenal conveyor otomatis

Konveyor dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak dan kontinyu dari satu tempat ke tempat lain. Perpindahan tempat tersebut harus mempunyai lokasi yang tetap agar sistem conveyor mempunyai nilai ekonomis. Kelemahan sistem ini adalah tidak mempunyai fleksibilitas saat lokasi barang yang dimobilisasi tidak tetap dan jumlah barang yang masuk tidak kontinyu. Banyak sekali macam jenis dan karakteristik conveyor untuk keperluan banyak macam proses produksi. Sebelum memutuskan untuk mendesain suatu conveyor. Sebelumnya harus dipahami terlebih dahulu bagaimana alur proses produksi yang nantinya akan dilewati conveyor, serta tipe produk atau bentuk barang yang akan melewati conveyor

Cara Menghitung Kecepatan Conveyor

$$V = 2 \times (\pi \times n / 60) \times R \quad V = \text{kecepatan konveyor (m/s)}$$

$$n = \text{putaran pulley (rpm)} \quad R = \text{Jari-jari pulley (m)}$$

2.3 Motor Stepper

Motor *stepper* merupakan perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis. Motor *stepper* bergerak berdasarkan urutan yang diberikan kepada motor. Motor *stepper* bekerja berdasarkan pulsa-pulsa yang diberikan pada lilitan fasenya dalam urutan yang tepat. Selain itu, pulsa-pulsa itu harus juga menyediakan arus yang cukup besar pada lilitan fase tersebut (Choirony et al., 2021). Menurut (Pratama et al., 2022) motor Stepper adalah seperangkat alat elektro mekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Untuk menggerakkan stepper motor diperlukan pengendali atau driver motor stepper yang mengirimkan pulsa-pulsa periodik. Karena itu untuk pengoperasian motor stepper pertama-tama harus mendesain suatu sequencer logic untuk menentukan urutan pencatutan lilitan fase motor dan kemudian menggunakan suatu penggerak (*driver*) untuk menyediakan arus yang dibutuhkan oleh lilitan fase. Penggunaan motor stepper NEMA 17 digunakan untuk menggerakkan axis X, Y, dan Z pada mesin CNC *mini router 3 axis*.



Gambar 2. 2 Motor Stepper NEMA 17

Tabel 2. 1 Spesifikasi Motor Stepper Nema 17

Series Model	17HS4401
Step Angle (deg)	1.8
Motor Length	40
Rated Current (A)	1.7
Phase Resistance (ohm)	1.5
Phase Inductance (mH)	2.8
Holding Torque (N.cm Min)	40
Detend Torque (N.cm Max)	2.2
Rotor Inertia (g.cm ²)	54
Lead Wire (No.)	4
Motor Weight (g)	280

Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa. Keunggulannya yaitu sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur. Motor dapat langsung memberikan torsi pada saat mulai bergerak, posisi dan pergerakan repertisinya dapat ditentukan secara presisi, memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran), sangat reliabel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC, dapat menghasilkan

perputaran yang lambat sehingga beban dapat di kopel langsung ke porosnya, selain itu frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas. Pada perancangan sistem alat yang akan dibuat menggunakan jenis motor stepper bipolar yaitu motor stepper dengan jenis nema23 untuk 3 sumbu dengan torsi sebesar 270 Oz- inch, sehingga kedua motor tersebut mampu berfungsi sebagai penggerak axis pada mekanik mesin CNC dengan baik (Choirony et al., 2021).

2.4 Motor Stepper 28BYJ

Motor stepper bekerja berdasarkan pulsa-pulsa yang diberikan pada lilitan fasenya dalam urutan-urutan yang tepat. Selain itu, pulsa-pulsa itu harus juga menyediakan arus yang cukup besar pada lilitan fase tersebut. Karena itu untuk pengoperasian motor stepper pertama-tama harus mendesain suatu sequencer logic untuk menentukan urutan pencatutan lilitan fase motor dan kemudian menggunakan suatu penggerak (driver) untuk menyediakan arus yang dibutuhkan oleh lilitan fase.

Untuk motor stepper dengan lilitan bipolar, diperlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya. Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkaian pengendali untuk motor unipolar. Motor stepper bipolar memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor stepper unipolar dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.



Gambar 2. 3 Motor Stepper 28BYJ

Berikut adalah spesifikasi lebih detail:

- a) Tegangan Masukan: DC 5V.
- b) Arus Terukur: 200 mA.
- c) Torsi Maksimum: Variabel tergantung tegangan dan arus, contohnya 34,3 mN.m pada kecepatan sekitar 15 RPM.
- d) Diameter Poros: 5,6 mm.
- e) Ukuran Motor: 28 mm x 22 mm x 16 mm.
- f) Berat: 30 gram.

2.5 Driver Motor A4988

Driver Motor A4988 adalah *driver microstepping motor* yang lengkap IC dengan *built-in* penerjemah mengemudi setiap motor langkah yang sangat mudah. *Driver motor stepper A4988* dikembangkan oleh Allegro Microsystems untuk membantu setiap orang yang ingin mendorong berbagai motor stepper dalam proyek mereka.

Stepper motor banyak digunakan untuk *CNC* dan proyek mesin otomatis lainnya. *Motor stepper motor A4988* sangat mudah digunakan karena hanya terdapat dua buah input masukkan yakni DIR dan STEP. DIR berfungsi untuk mengubah arah putaran searah jarum jam dan berlawanan jarum jam. STEP

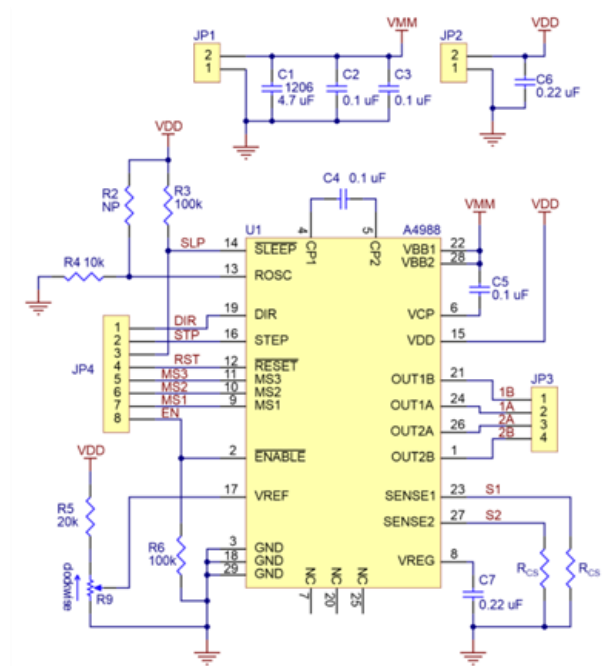
berfungsi untuk mengatur kecepatan motor stepper dengan memberikan sinyal HIGH dan LOW dengan jeda.

Menurut (Pramuji et al., 2023) Motor stepper bisa berputar dan berjalan dengan baik dan teratur tentunya tidak lepas dari kendali dari driver motor A4988 seperti di Gambar 5. Fungsi dari driver motor A4988 yakni sebagai pengontrol motor stepper. IC A4988 merupakan driver microstepping motor yang lengkap dengan built-in penerjemah untuk mengarahkan setiap motor stepper. Driver motor ini dapat mengontrol kerja motor stepper hanya dengan 2 pin dari kontroler, pin pertama untuk mengontrol arah putaran, pin kedua untuk mengontrol motor stepper.



Gambar 2. 4 Motor Driver A4988

Driver A4988 memiliki 16 pin, memiliki beberapa fitur seperti pembatas arus yang bisa disesuaikan dengan kebutuhan, perlindungan terhadap arus dan suhu berlebih dan memiliki 5 resolusi microstep yang berbeda. Beroperasi dengan rentang tegangan 8 V hingga 35 V dan dapat memberikan arus hingga 1A. (Wanggara et al., 2020)



Gambar 2. 5 Skematik Stepper Motor Driver A4988

Tabel 2. 2 Spesifikasi Stepper Motor Driver A4988

Size	15.5 x 20.5 mm
Weight	1.3 g
Minimum operating voltage	8 V
Maximum operating voltage	35 V
Continuous current per phase	1:00 AM
Maximum current per phase	2:00 AM
Minimum logic voltage	3 V
Maximum logic voltage	5.5 V
Microstep resolution	Full, 1/2, 1/4, 1/8, and 1/6

Driver motor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan controller dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari controller sehingga dapat dibaca oleh aktuator. Driver Motor Step- per digunakan sebagai sebuah pengontrol untuk mengatur arah dan kecepatan putaran

pada motor stepper. Driver Motor Stepper tersebut akan mengendalikan sumber tegangan yang masuk pada Motor Stepper yang berasal dari mikrokontroler. Dalam perancangan elemen kontrol motor driver yang akan digunakan adalah TB6600 (Choirony et al., 2021).



Gambar 2. 6 DriverTB6600

2.6 Arduino

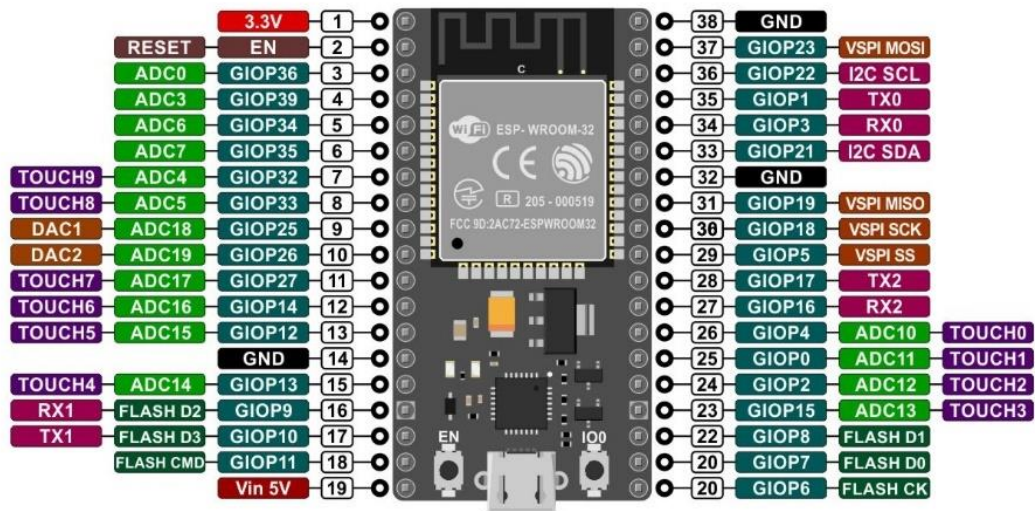
Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini Arduino sangat populer di seluruh dunia. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustakapustaka (libraries) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain. Murah, Sederhana dan mudah pemrogramannya, Perangkat lunaknya dan Perangkat keras Open Source

Seperti Microcontroller yang banyak jenisnya, Arduino lahir dan berkembang, kemudian muncul dengan berbagai jenis. Tabel 2.1 adalah beberapa jenis arduino.

Tabel 2. 3 Beberapa Jenis Arduino

Nama dan Penjelasan	Gambar
Arduino Uno, Menggunakan ATMEGA328, memiliki 14 pin I/O digital dan 6 pin input analog. Untuk pemograman menggunakan koneksi USB type A to To type B.	
Arduino Nano, Pemograman lewat Micro USB. 14 Pin I/O Digital, dan 8 Pin input Analog. Menggunakan ATMEGA168, atau ATMEGA328.	
Arduino Mega, menggunakan USB type A to B untuk pemogramannya. Tetapi Arduino Mega, menggunakan Chip ATMEGA2560. Pin I/O Digital dan pin input Analognya lebih banyak dari Uno.	

2.7 Control Board ESP32



Gambar 2. 7 ESP32

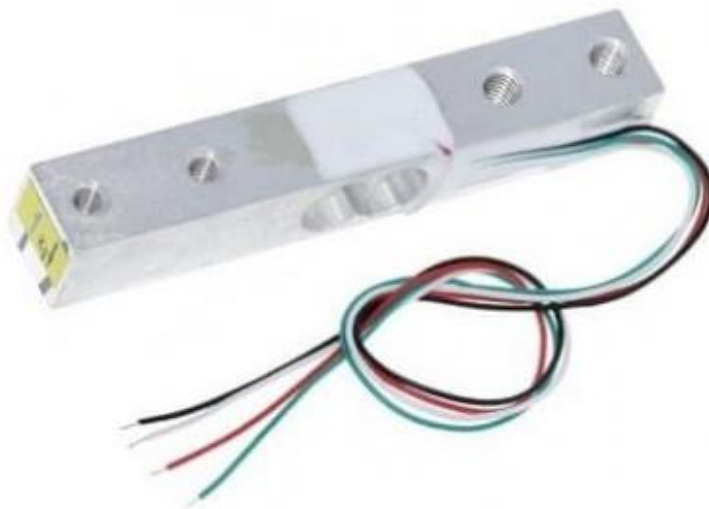
Tabel 2. 4 Spesifikasi dari ESP32

Nama	ESP32
Tegangan	3.3 Volt
CPU	Xtensa dual Core LX6 - 160M Hz
Arsitektur	32 bit
Flash Memory	16MB
SRAM	512kB
GPIO Pin (ADC/DAC)	36 (18/2)
Bluetooth	Ada
WiFi	Ada
SPI/I2C/UART	4/2/2

Terlihat keunggulan mikrokontroler ESP32, mulai dari pin out nya yang lebih banyak, pin analog lebih banyak, memori yang lebih besar, terdapat bluetooth 4.0 low energy serta tersedia WiFi yang memungkinkan untuk mengaplikasikan Internet of Things dengan mikokontroler ESP32 dapat dilihat pada gambar diatas.

2.8 Sensor Load Cell

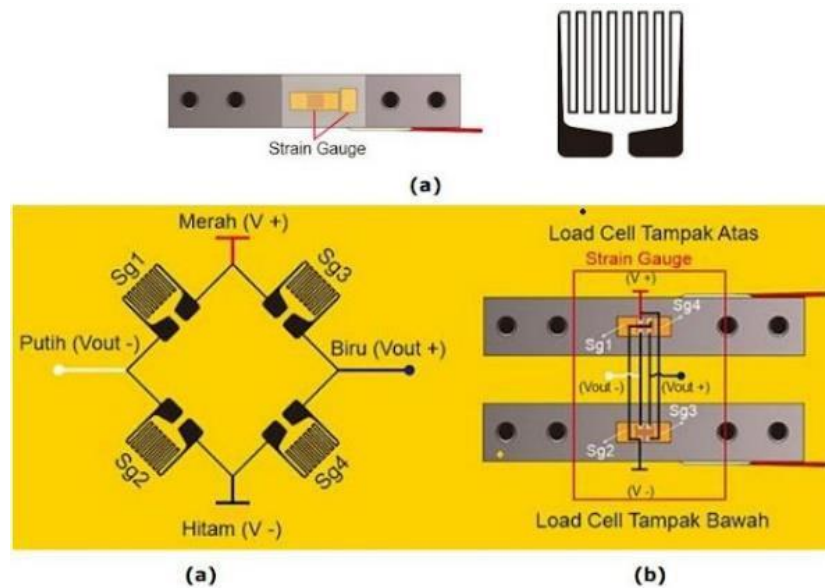
Loadcell adalah sebuah sensor yang bekerja sebagai pengubah dari berat suatu benda menjadi listrik, perubahan ini terjadi karena adanya hambatan pada strain gauge. Terdapat 4 pola tegangan pada satu load cell. Sensor ini memiliki nilai konduktivitas yang berbanding lurus dengan gaya/beban yang diterima dan bersifat resistif. Jika load cell tidak dibebani, maka resistansinya akan sama di setiap sisinya, namun saat load cell dibebani, nilai resistansinya akan tidak seimbang. Proses ini digunakan untuk mengukur berat suatu barang.(Agus Wibowo & Lawrence Adi Supriyono, 2019).



Gambar 2. 8 loadcell

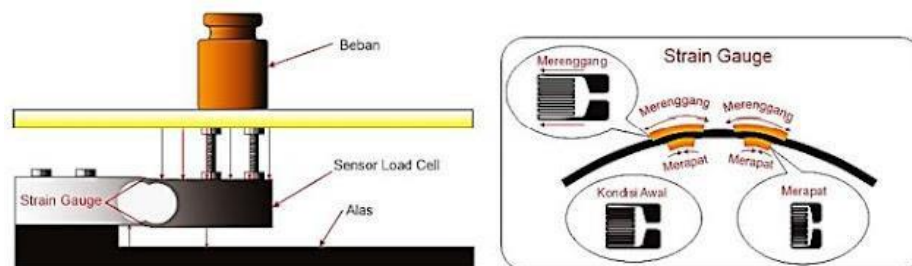
Sel beban terdiri dari satu atau lebih pengukur regangan yang dipasang pada batang atau cincin logam. Sel beban dikalibrasi oleh pabrikan masing-masing. Perangkat ini dirancang untuk mengukur tekanan mekanik, gaya tarik, tekan atau puntir yang bekerja pada suatu objek. Ketika batang logam atau cincin perangkat ini diberi tekanan, tegangan yang muncul di terminalnya dapat digunakan sebagai referensi untuk mengukur besarnya gaya.

Bahan sensor loadcell ini terbuat dari banyak variasi bahan antara lain seperti alumunium, stainless steel dan baja.



Gambar 2. 9 (a) Strain Gauge pada sensor loadcell (b) Strain Gauge disusun dalam jembatan wheatstone

Strain Gauge ini terbentuk dari kawat logam atau foil logam yang mempunyai sifat insulatif (isolasi) yang diletakan didalam sensor loadcell yang berfungsi untuk dapat mengukur sebuah tekanan dari hasil pembacaan beban.

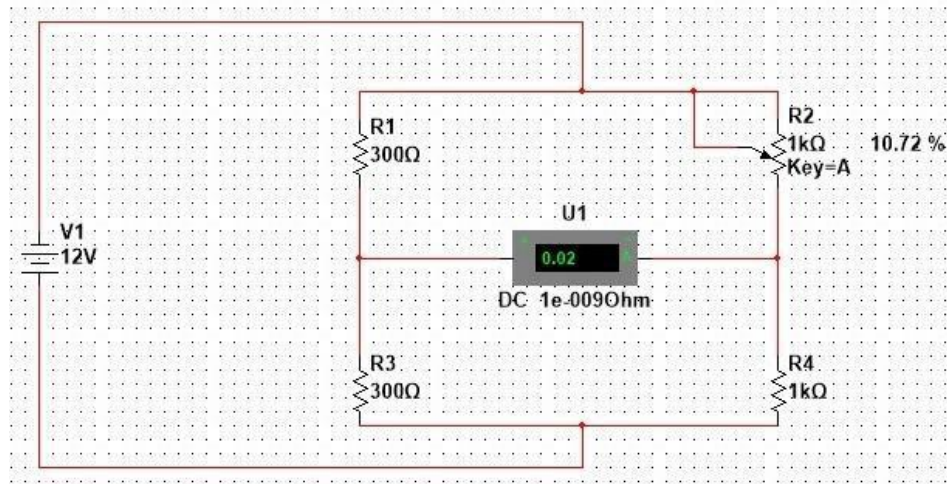


Gambar 2. 10 Foil Strain Gauge merenggang dan merapat

Pada gambar diatas, apabila adanya tekanan pada sensor loadcell terjadi perubahan pada saat mengalami tekanan akibat beban. Pada gambar 2.3 adalah penjelasan dari polaritas sensor loadcell yang dimana memiliki 4 kutub yaitu kutub positif, kutub negatif, tegangan kabel (Vout +) (Vout -). Kabel berwarna hitam merupakan tegangan V-, kabel berwarna merah merupakan tegangan luaran V+,

kabel berwarna putih merupakan V_{out-} dan kabel berwarna merah merupakan tegangan luaran V_{out+} .

Cara kerja dari sensor loadcell adalah dengan menggunakan jembatan wheatstone berikut adalah cara kerja dari jembatan wheatstone.



Gambar 2. 11 Rangkaian Jembatan Wheatstone

Jembatan wheatstone memiliki rangkaian yang telah dijelaskan pada gambar diatas dimana nilai dari $R1=R3$ dan nilai dari $R2=R4$, yang dimana arus akan mengalir dari sisi nilai $R1$ untuk mencari nilai pada V_a yaitu tagangan pada $R1$ dan $R3$ menggunakan rumus

$$V_a = \frac{R1}{(R1+R3)} \times V_s$$

Sedangkan untuk mencari tegangan pada V_b yaitu tegangan pada $R2$ dan $R4$ menggunakan rumus

$$V_b = \frac{R4}{(R2+R4)} \times V_s$$

Untuk mencari nilai tegangan dari rangkaian jembatan *wheatstone* tersebut menggunakan

$$V_{out} = V_a - V_b$$

1. Prinsip Kerja Sensor Loadcell

Sensor berat atau sensor loadcell memiliki prinsip kerja berupa timbangan digital yaitu dengan cara memberikan output pada tegangan dari adanya perubahan pada resistansi yang dihasilkan pada perubahan posisi penyangga beban. Sehingga perubahan itu akan menghasilkan output pada amplifier. (Priskila M.N. Manege, dkk).

Loadcell merupakan komponen utama pada timbangan yang berupa digital. Cara kerja sensor loadcell bila diberikan suatu beban pada inti besi penimbangan maka yang terjadi adalah nilai dari strain gauge dan resistansi akan berubah melalui empat kabel pada komponen sensor loadcell. Yang dimana dua kabel tersebut merupakan eksitasi dan dua kabel sebagai sinyal keluaran yang berfungsi sebagai penghubung ke kontrol (Mirfan).

Loadcell atau yang lebih dikenal dengan sensor berat merupakan alat pendeteksi perubahan pada massa yang dihasilkan oleh nilai suatu benda yang sudah terkena nilai gravitasi dan gaya yang nantinya akan dijadikan suatu sinyal analog yang diteruskan kepada transduser. Transduser berfungsi sebagai alat yang mengubah nilai sinyal analog menjadi besaran listrik.

2. Error

Error adalah jumlah selisih atau perbedaan hasil dari nilai yang didapat atau ideal dengan nilai sesungguhnya. Apabila hasil pembacaan suatu sistem menunjukkan nilai positif maka nilai indikasi yang diperoleh lebih besar dari nilai idealnya. Dan berlaku untuk nilai negative apabila hasil pembacaan suatu sistem menunjukkan nilai negatif maka nilai indikasi yang diperoleh lebih kecil dari nilai idealnya

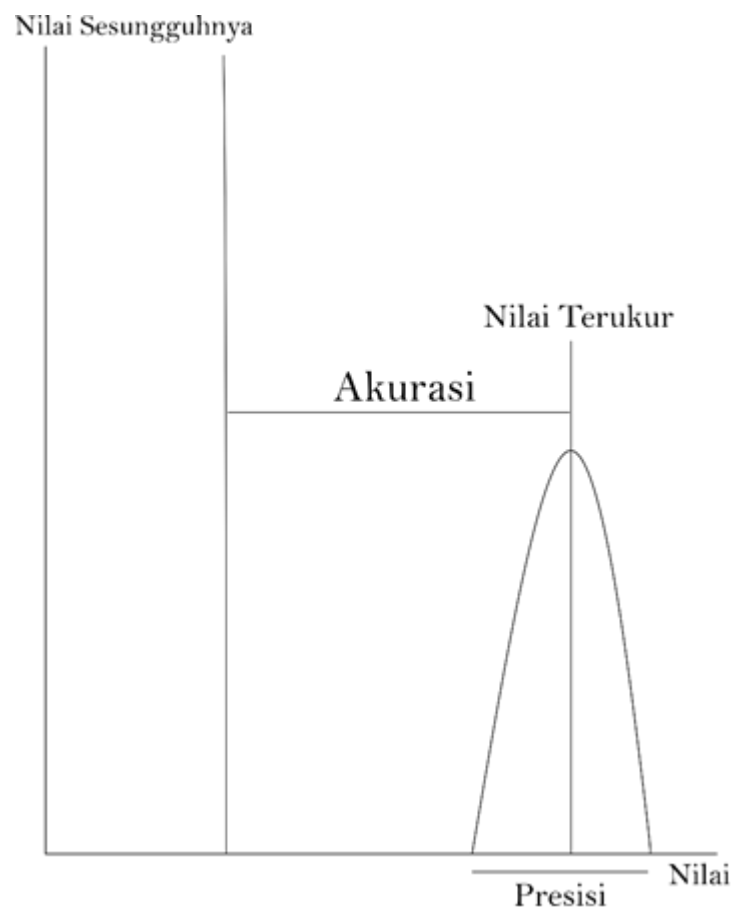
$$\%Error = \left| \frac{\text{Nilai Yang Diinginkan} - \text{Nilai Pada Pengukuran}}{\text{Nilai Yang Diinginkan}} \right| \times 100\%$$

3. Akurasi (Accuracy)

Ketepatan atau yang lebih dikenal dengan akurasi adalah suatu hal yang terbilang sangat penting yang dimiliki oleh sistem pada sensor yang berguna dalam alat pengukuran atau pemantauan. Akurasi dapat didefinisikan pengukuran yang menyatakan nilai error maksimum yang terdapat pada sensor yang muncul dalam

pengukuran suatu variable [7]. Menurut Wahjoedi akurasi merupakan kemampuan sistem untuk melakukan suatu pembacaan dengan tepat. Akurasi adalah harga/nilai yang mendekati nilai suatu pembacaan instrumentasi yang hampir mendekati nilai yang sebenarnya dari suatu variable yang diukur (Drs. Sumarna, M.Si.). Rumus untuk akurasi adalah sebagai berikut.

$$Akurasi = 100\% - \%Error$$



Gambar 2. 12 Akurasi pada sensor

4. Mean

Mean merupakan nilai rata-rata yang memiliki pengertian adalah nilai dari jumlah seluruh nilai dari data dibagi dengan nilai dari seluruh kejadian yang dijelaskan dengan rumus sebagai berikut

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + \dots + |d_n|}{n}$$

5. Presisi (Precision)

Presisi merupakan ukuran yang bertujuan untuk menunjukkan nilai derajat dari kedekatan antara nilai individual, pengukuran nilai presisi diukur dengan melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata yang didapatkan dari hasil sampel-sampel. Nilai presisi dikatakan baik apabila nilai dari KV bernilai < 2 . Untuk rumus penggunaan presisi adalah:

$$KV = \frac{\text{nilai standar deviasi}}{\text{nilai mean}} \times 100\%$$

6. Standar Deviasi

Sedangkan untuk standar deviasi sampel (S) menggunakan persamaan rumus

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i^2}{n}}$$

2.9 Modul amplifier HX711

Modul amplifier HX711 load cell berfungsi sebagai antarmuka antara load cell (sensor berat) dan mikrokontroler seperti Arduino atau Raspberry Pi. Fungsi utamanya adalah untuk memperkuat sinyal analog kecil yang dihasilkan oleh load cell. Load cell menghasilkan perubahan tegangan yang sangat kecil sebagai respons terhadap perubahan berat. Modul HX711 memperkuat sinyal ini agar dapat diukur dengan akurat oleh mikrokontroler. Mengkonversi sinyal analog yang diperkuat menjadi sinyal digital. HX711 memiliki ADC (Analog-to-Digital Converter) 24-bit presisi tinggi yang mengubah sinyal analog dari load cell menjadi nilai digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Menyediakan antarmuka komunikasi yang mudah antara load cell dan mikrokontroler. Modul ini umumnya menggunakan antarmuka serial dua kawat (Clock dan Data) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Menyediakan sumber tegangan eksitasi untuk load cell. Beberapa modul HX711 menyediakan tegangan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan

rangkaian jembatan Wheatstone di dalam load cell. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



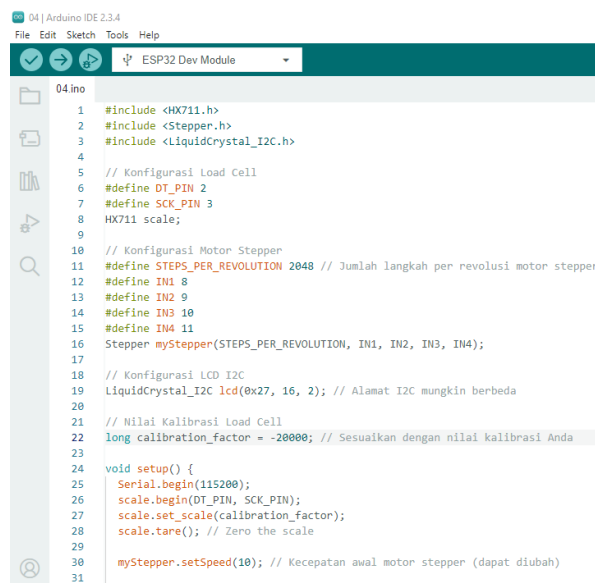
Gambar 2. 13 Modul amplifier HX711

2.10 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan sebuah software bawaan yang dikembangkan oleh Arduino. Adapun kepanjangan dari “IDE” adalah Integrated Development Environment atau yang memiliki arti sebuah lingkungan terintegrasi yang dilakukan untuk melakukan pengembangan dalam hal pemrograman. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software ini Arduino diprogram dan untuk menjalankan fungsi-fungsi yang disematkan melalui syntax programnya. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Dibuat menggunakan bahasa pemrograman JAVA. Bahasa pemrograman Arduino (Sketch) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++, library ini biasanya merujuk pada program yang akan dijalankan ataupun device tambahan untuk mendukung proyek tersebut. Dengan adanya library ini membuat operasi input dan output jadi lebih mudah.

Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama Bootloader yang berfungsi sebagai penengah antara compiler Arduino dengan mikrokontroler. Dan dalam hal ini ada beberapa mikrokontroler juga yang mendukung untuk diprogram menggunakan Arduino IDE seperti pembahasan sebelumnya yaitu menggunakan NodeMCU. IDE Arduino terdiri dari beberapa bagian, yaitu: Editor program sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa

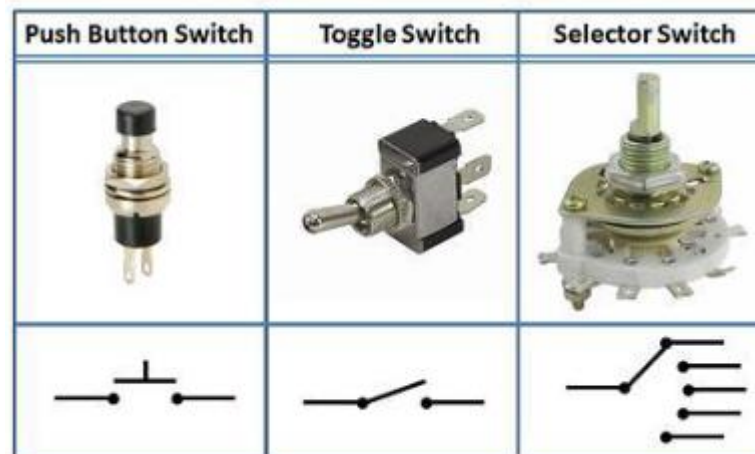
Processing. Compiler Sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler sangat diperlukan. Uploader Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduino. Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Berikut ini ditunjukkan gambar 2.21 tampilan window dari Arduino IDE.



Gambar 2. 14 Tampilan Arduino IDE

2.11 Switch

Switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal. Jenis switch ditunjukkan Gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2. 15 Macam-macam Switch

Limit Switch Pengoperasian mesin secara otomatis memerlukan penggunaan saklar yang dapat diaktifkan oleh gerakan mesin. Limit switch digunakan untuk mengubah gerakan mekanis menjadi terhubung dan tidaknya sinyal listrik. Limit switch (saklar pembatas) yang bisa dilihat pada Gambar 2.14 adalah saklar atau perangkat elektromekanis yang mempunyai tuas aktuator sebagai pengubah posisi kontak terminal (dari Normally Open NO ke Close atau sebaliknya dari Normally Close/NC ke open).

2.12 LM2596 DC-DC

Modul daya step-down DC-DC converter LM2596 adalah komponen serbaguna yang dirancang untuk pengaturan daya yang efisien. Modul ini dilengkapi potensiometer presisi tinggi dan dapat menggerakkan beban hingga 3A dengan efisiensi tinggi, sehingga cocok untuk digunakan dengan Esp32, berbagai mainboard, dan modul dasar. Regulator LM2596 adalah sirkuit terintegrasi monolitik yang dirancang untuk menyediakan semua fungsi aktif yang diperlukan untuk regulator switching step-down (buck). Regulator ini dapat menggerakkan beban 3A dengan tetap mempertahankan pengaturan saluran dan beban yang sangat baik, menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi catu daya (Son et al., 2024). Untuk performa optimal dan untuk mencegah panas berlebih, disarankan untuk menambahkan heat sink ketika arus output melebihi 2,5A atau daya output melebihi 10W. Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6, modul ini dapat menurunkan input 12V DC ke output 5V DC, ideal untuk memberi daya pada ESP32 (Myint &

Htun, 2020). Regulator DC-DC LM2596 digunakan sebagai regulator utama dalam sistem. Regulator ini adalah konverter step-down, yang berarti secara efisien mengubah tegangan input DC yang lebih tinggi ke tegangan output DC yang lebih rendah (Adam et al., 2023).

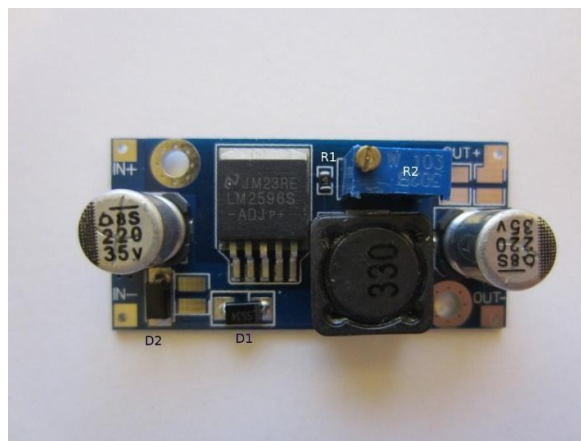
LM2596 adalah sebuah pengatur tegangan switching (switching regulator) yang umum digunakan untuk mengubah tegangan input menjadi tegangan output yang stabil. Ini adalah komponen yang sering digunakan dalam aplikasi elektronik untuk menyediakan sumber daya yang teratur dengan efisiensi tinggi (Cheng & Dai, 2022). LM2596 adalah sebuah chip regulator tegangan turun (step-down) yang sangat populer dan serbaguna. Chip ini bekerja dengan efisien mengubah tegangan DC yang lebih tinggi menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Prinsip kerjanya melibatkan konversi daya switching, di mana transistor dalam chip dihidupkan dan dimatikan secara cepat untuk mengatur output tegangan. Keunggulan LM2596 meliputi efisiensi tinggi, kemudahan penggunaan, regulasi yang baik, ukuran yang kecil, dan harga yang terjangkau. Berkat kelebihan-kelebihan tersebut, LM2596 banyak digunakan dalam berbagai proyek elektronika, seperti power supply, charger baterai, dan regulator tegangan untuk sistem tenaga surya. Saat menggunakan LM2596, perlu diperhatikan pemilihan komponen eksternal yang tepat dan pendinginan yang memadai untuk memastikan kinerja yang optimal (Hakim et al., 2023). Berikut adalah komponen dan fitur utama dari LM2596:

1. IC LM2596 adalah chip utama dalam rangkaian yang bertanggung jawab untuk mengatur tegangan. IC ini termasuk dalam keluarga pengatur switching yang dapat mengubah tegangan DC (direct current) dengan efisiensi tinggi.
2. Induktor, digunakan untuk menyimpan energi dalam bentuk medan magnet. Dalam rangkaian switching, induktor berfungsi untuk menghaluskan arus dan menyaring sinyal ripple, serta membantu mengatur tegangan output. Nilai induktor sering dipilih berdasarkan spesifikasi dari pengatur tegangan dan aplikasi yang dimaksud.
3. Kapasitor input (C1), terhubung antara input dan ground. Fungsinya adalah untuk menyaring gangguan dan menjaga kestabilan tegangan input yang

masuk ke LM2596. Biasanya, kapasitor ini memiliki nilai kapasitansi yang relatif tinggi, seperti 100 μF .

4. Kapasitor output (C2), terhubung antara output dan ground. Ini membantu menjaga kestabilan tegangan output dan mengurangi gangguan atau noise. Biasanya, kapasitor output memiliki nilai kapasitansi yang sesuai dengan spesifikasi dari pengatur tegangan.
5. Dioda, terpasang pada rangkaian untuk mengalirkan arus ketika switching terjadi. Dioda ini berfungsi untuk mencegah arus balik yang dapat merusak komponen lain dalam rangkaian.
6. Resistor pengatur tegangan (R1 dan R2), digunakan untuk menetapkan tegangan output yang diinginkan. Dua resistor ini membentuk sebuah pembagi tegangan yang mengatur tegangan referensi yang masuk ke pin feedback (feedback pin) dari IC.

Secara keseluruhan, LM2596 adalah pilihan populer dalam desain elektronik untuk menyediakan tegangan yang stabil dengan efisiensi tinggi dan kemampuan menangani arus besar. Pemilihan komponen pendukung seperti induktor, kapasitor, dan dioda sangat penting untuk memastikan kinerja yang optimal dari rangkaian ini. Pemodelan LM2596 dc-dc converter dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2. 16 LM2596 DC-DC Converter

2.13 Adaptor

Adaptor adalah sebuah perangkat elektronik yang di mana mempunyai 2 fungsi yang di mana bisa untuk mengubah tegangan AC (Alternating Current) menjadi tegangan DC (Direct Current) dan berfungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah. Adaptor dapat menurunkan tegangan dari tegangan 220 volt AC menjadi tegangan rendah 3 volt sampai 12 volt DC.

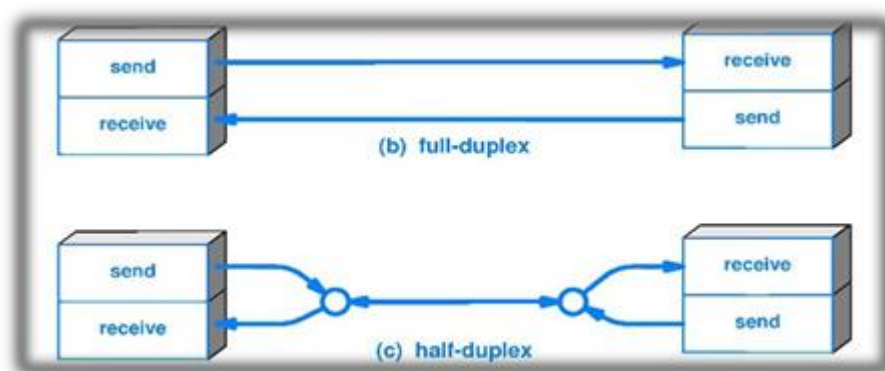
Adaptor step-down pada dasarnya menggunakan teknik induksi medan magnet, komponen utamanya adalah kawat email yang di lilit pada teras besi, terdapat 2 lilitan yaitu lilitan primer dan lilitan sekunder, ketika listrik masuk ke lilitan primer maka akan terjadi induksi pada kawat email sehingga akan terjadi gaya meda magnet pada teras besi kemudian akanmenginduksi lilitan sekunder.



Gambar 2. 17 adaptor

2.14 Komunikasi Nirkabel (*Wireless*)

Komunikasi nirkabel sangat penting dalam kehidupan modern, dengan berbagai teknologi yang memungkinkan konektivitas nirkabel. Wi-Fi, Bluetooth, NFC, dan teknologi seluler telah merevolusi interaksi kami dengan perangkat dan layanan. Komunikasi nirkabel atau wireless adalah metode pengiriman data atau informasi antara dua atau lebih perangkat tanpa menggunakan kabel fisik. Teknologi ini memanfaatkan gelombang elektromagnetik, seperti gelombang radio, gelombang mikro, dan inframerah, untuk mentransmisikan sinyal (Hakim et al., 2023). Keunggulan utama dari komunikasi nirkabel adalah fleksibilitas dan kemudahannya dalam instalasi serta mobilitas, yang memungkinkan perangkat untuk tetap terhubung tanpa keterbatasan jarak kabel. Teknologi ini sangat penting dalam berbagai aplikasi modern, seperti jaringan internet rumah, telepon seluler, dan perangkat IoT, yang menghubungkan berbagai perangkat untuk berkomunikasi dan berbagi data secara real-time. Istilah "duplex" menunjukkan kemampuan sistem untuk melakukan komunikasi dua arah. Konsep duplex, yang mencakup full duplex, half duplex, dan duplex, berkaitan dengan kapasitas sistem atau perangkat untuk melakukan komunikasi dua arah. Full duplex memungkinkan transmisi data secara simultan di kedua arah, mirip dengan telepon tradisional. Sebaliknya, half duplex membatasi transfer data ke satu arah pada satu waktu (Jiang et al., 2021). Pemodelan jenis komunikasi nirkabel dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 18 Jenis Komunikasi Nirkabel

Dalam komunikasi nirkabel, konsep duplex menggambarkan arah komunikasi antara dua perangkat. Simplex memungkinkan komunikasi satu arah, half duplex memungkinkan komunikasi dua arah namun tidak bersamaan,

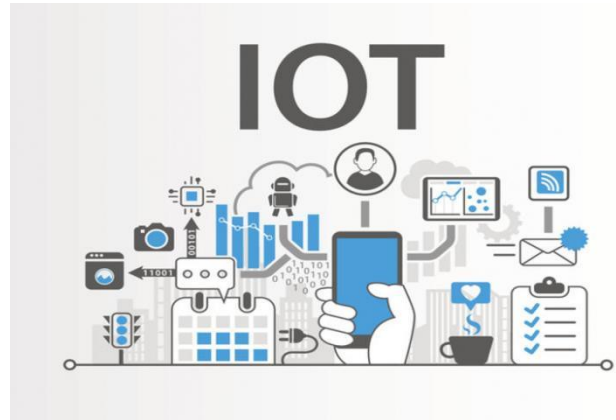
sedangkan full duplex memungkinkan komunikasi dua arah secara simultan. Pilihan mode duplex akan mempengaruhi efisiensi dan kompleksitas sistem komunikasi, serta jenis aplikasi yang dapat didukung. Faktor-faktor seperti bandwidth, biaya, dan kebutuhan real-time akan menjadi pertimbangan utama dalam memilih mode duplex yang sesuai (Mirza et al., 2020).

2.15 Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau yang juga dikenal dengan singkatan IoT, adalah sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang terus menerus terhubung. Ini memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan objek fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerja mereka secara mandiri. Dengan demikian, mesin dapat berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi yang baru diperoleh secara independen (Pasaribu et al., 2023).

Internet of Things pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dalam salah satu presentasinya. Saat ini, banyak perusahaan besar mulai mengeksplorasi Internet of Things, seperti Intel, Microsoft, Oracle, dan banyak lainnya. Banyak yang memprediksi bahwa pengaruh Internet of Things akan menjadi "the next big thing" dalam dunia teknologi informasi karena IoT menawarkan banyak potensi yang bisa dieksplorasi. Contoh sederhana dari manfaat dan implementasi Internet of Things misalnya adalah kulkas yang dapat memberi tahu pemiliknya melalui SMS atau email tentang makanan dan minuman apa saja yang telah habis dan harus diisi ulang.

Teknologi Internet of Things merupakan suatu infrastruktur global yang digunakan masyarakat dalam hal informasi yang memungkinkan layanan dengan menghubungkan objek- objek (Things) baik fisik maupun virtual. Teknologi IoT berkembang pesat dengan cepat, baik dalam bidang industri, sistem keamanan, pendidikan, maupun transportasi yang sudah diterapkan dalam menjalankan aktifitasnya. Dengan demikian, IoT sudah menjadi bagian dari kehidupan manusia (Risfendra et al., 2021).



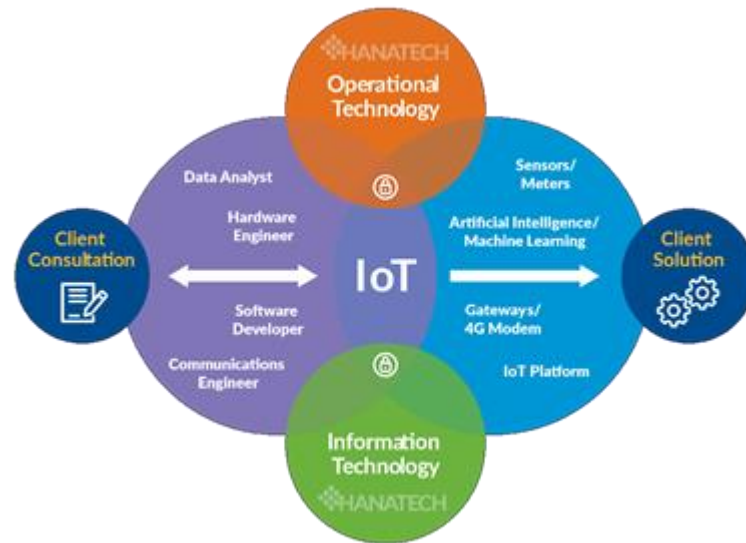
Gambar 2. 19 Teknologi Internet of Things

2.16 Desain dan Arsitektur IoT

Sistem IoT yang baik dibangun di atas dasar desain arsitektur yang baik. Di lingkungan IoT, skalabilitas, perutean, jaringan, dan masalah lainnya semuanya dapat diselesaikan dengan arsitektur yang baik. Huansheng (dalam Zainab, et al.,2015: 38) Biasanya, pendekatan arsitektur IoT berdasarkan tiga dimensi utama adalah :

- a. Item informasi : termasuk semua item yang terhubung ke lingkungan IoT mungkin merasakan item, mengidentifikasi item dan item kontrol.
- b. Jaringan independen : yang mencakup beberapa fitur seperti konfigurasi diri, perlindungan diri, adaptasi diri, dan optimalisasi diri;
- c. Aplikasi cerdas : yang memiliki perilaku cerdas melalui Internet secara umum. Perilaku cerdas memungkinkan kontrol cerdas, pertukaran metode data melalui item jaringan, pemrosesan data, semua aplikasi yang terkait dengan IoT dapat diklasifikasikan menurut dimensi ini.

Ketika dimensi-dimensi ini bersatu, ruang baru yang disebut infrastruktur IoT dibuat. Ruang ini berfungsi sebagai sistem pendukung untuk hal-hal tertentu dan dapat memberikan berbagai layanan seperti identifikasi barang, identifikasi lokasi, dan perlindungan data. Tiga dimensi IoT dan koneksinya digambarkan pada gambar di bawah ini



Gambar 2. 20 Diagram 3 dimensi IoT

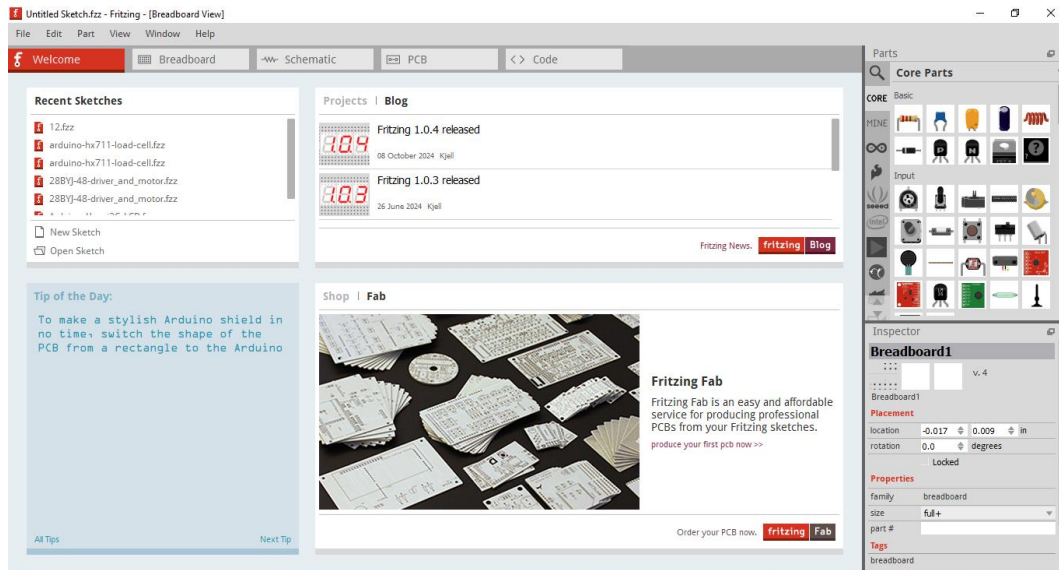
Cara Kerja *Internet of Things (IoT)* Internet of Things (IoT) bekerja dengan menggunakan argumen pemrograman. Setiap argumen perintah dapat menciptakan interaksi antar mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tidak dibatasi oleh jarak yang jauh. Internet sekarang menjadi penghubung antara dua interaksi antar mesin. Di IoT manusia hanya berfungsi sebagai pengatur dan pengawas mesin langsung. Komponen fundamental IoT adalah :

1. Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan membuat hampir semua mesin yang ada menjadi "pintar". Hasilnya, teknologi berbasis AI dapat meningkatkan IoT dalam segala hal. Data, algoritme untuk kecerdasan buatan, dan jaringan yang tersedia digunakan untuk mengembangkan teknologi yang ada. Contoh sederhana termasuk meningkatkan atau mengembangkan lemari es dan freezer sehingga mereka dapat memesan secara otomatis ke supermarket ketika stok susu dan sereal hampir habis.
2. Konektivitas IoT memungkinkan pembuatan jaringan baru serta jaringan khusus IoT. Jaringan tidak lagi hanya bergantung pada penyedia utamanya. Jaringan tidak perlu luas dan mahal; itu dapat diakses dalam skala yang jauh lebih kecil dengan biaya lebih rendah. Jaringan kecil antar sistem perangkat dapat dibuat oleh IoT.

3. Sensor adalah yang membedakan IoT dari mesin berteknologi tinggi lainnya. Sensor ini mampu mendefinisikan instrumen, yang mengubah perangkat IoT pasif menjadi sistem aktif yang dapat dimasukkan ke dalam kehidupan sehari-hari dan menyimpang dari standar jaringan.
4. Internet of Things (IoT) memperkenalkan model baru untuk keterlibatan aktif dengan konten, produk, dan layanan.
5. Perangkat berukuran kecil. Perangkat kecil yang dibuat khusus digunakan di IoT untuk kecepatan, skalabilitas, dan kemampuan beradaptasi yang tinggi.

2.17 Fritzing

Fritzing adalah sebuah perangkat lunak yang dapat membuat model elektronik dan dapat diakses sebagai bahan kreatif bagi siapa saja. *Fritzing* adalah aplikasi perangkat lunak yang dirancang untuk merampingkan proses desain elektronik. *Fritzing* membantu mempelajari lebih lanjut tentang sirkuit elektronik, mendokumentasikan proyek, dan bahkan memungkinkan mempersiapkannya untuk produksi. Ini adalah alat yang memungkinkan pengguna untuk mendokumentasikan prototipe, membaginya dengan orang lain, mengajar elektronik di ruang kelas, atau membuat desain mereka dengan cara yang aman dan efektif. *Fritzing* menawarkan alat perangkat lunak, situs web komunitas, dan layanan dengan semangat *Processing* dan Arduino, menumbuhkan ekosistem kreatif yang memungkinkan pengguna mendokumentasikan prototipe mereka, membaginya dengan orang lain, mengajar elektronik di ruang kelas, dan menata serta membuat PCB profesional (Agus, Suryadiputra Liawatimena, Joshua Jenriwan L Tobing, 2023) *Interface software fritzing* dapat dilihat pada Gambar



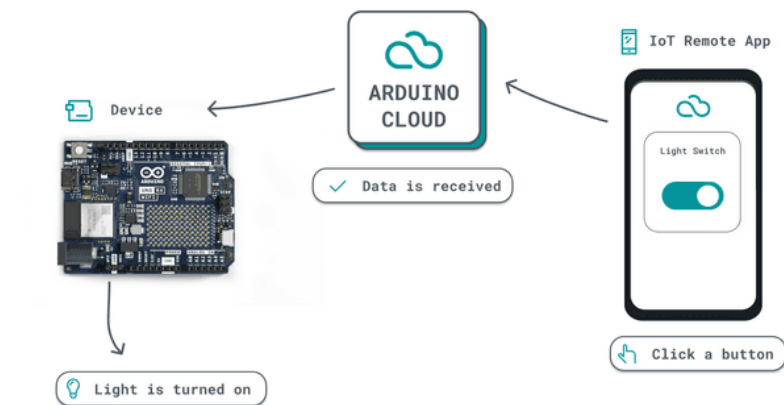
Gambar 2. 21 Interface Fritzing

2.18 Arduino Cloud

Arduino adalah platform elektronik sumber terbuka yang didasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan. Papan Arduino mampu menafsirkan input, seperti cahaya pada sensor, jari pada tombol, atau tweet, dan mengubahnya menjadi output, termasuk aktivasi motor, pencahayaan LED, atau publikasi konten online. Instruksi disampaikan ke mikrokontroler di papan, yang kemudian melakukan tindakan yang diperlukan. Untuk mencapai hal ini, bahasa pemrograman Arduino (berdasarkan Wiring) dan Perangkat lunak Arduino (IDE), berdasarkan Pemrosesan, digunakan. Arduino telah menjadi unit pemrosesan pusat dari ribuan proyek selama bertahun-tahun, mulai dari objek sehari-hari hingga instrumen ilmiah yang kompleks. Sebuah komunitas pembuat global, yang terdiri dari pelajar, penghobi, seniman, programmer, dan profesional, telah bersatu di sekitar platform sumber terbuka ini. Kontribusi mereka telah menghasilkan kumpulan pengetahuan yang dapat diakses yang dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi para pemula dan ahli.

Arduino dikembangkan di Ivrea Interaction Design Institute sebagai alat yang mudah digunakan untuk membuat prototipe cepat, yang dirancang untuk siswa tanpa latar belakang dalam bidang elektronik dan pemrograman. Seiring dengan semakin luasnya komunitas pengguna, platform Arduino mengalami evolusi yang

signifikan untuk menyelaraskan dengan kebutuhan dan tantangan yang muncul. Hal ini mengarah pada pengembangan produk yang melampaui papan 8-bit tradisional, yang mencakup aplikasi di Internet of Things (IoT), perangkat yang dapat dikenakan, pencetakan 3D, dan lingkungan yang disematkan (Arduino, 2024). Interface arduino cloud dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. 22 Arduino Cloud

Pada 2.22 gambar diatas mengilustrasikan sistem kontrol lampu jarak jauh menggunakan Arduino Cloud. Sebuah papan Arduino (kemungkinan Uno R4 WiFi) terhubung ke lampu dan mengirim/menerima data ke/dari platform Arduino Cloud. Pengguna dapat mengontrol status lampu (dalam contoh ini, menyalakannya) melalui aplikasi IoT di smartphone, di mana perintah dari aplikasi dikirim melalui cloud ke Arduino, dan status perangkat juga dapat dipantau melalui aplikasi. Sistem ini mendemonstrasikan konsep dasar IoT dalam mengontrol perangkat fisik dari jarak jauh melalui platform cloud dan antarmuka pengguna seluler.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan bulan April 2025. Tepatnya di Laboratorium teknik elektro kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Glugur Darat II Medan. Waktu penelitian berlangsung selama kurang lebih 4 bulan, dimulai dari perencanaan alat, pembuatan alat, pengujian alat, serta pengumpulan data.

3.2 Perancangan Perangkat Sistem

Untuk memudahkan di dalam penganalisaan rangkaian, perancangan perangkat keras ini dibagi menjadi beberapa bagian yang merupakan bagian dari suatu kesatuan dari rangkaian sistem yang dirangkai.

3.1.1 Bahan dan Alat

Untuk melakukan penelitian ini, bahan dan alat yang digunakan adalah :

Dalam proses pembuatan penelitian ini, menggunakan beberapa bahan. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Bahan yang digunakan

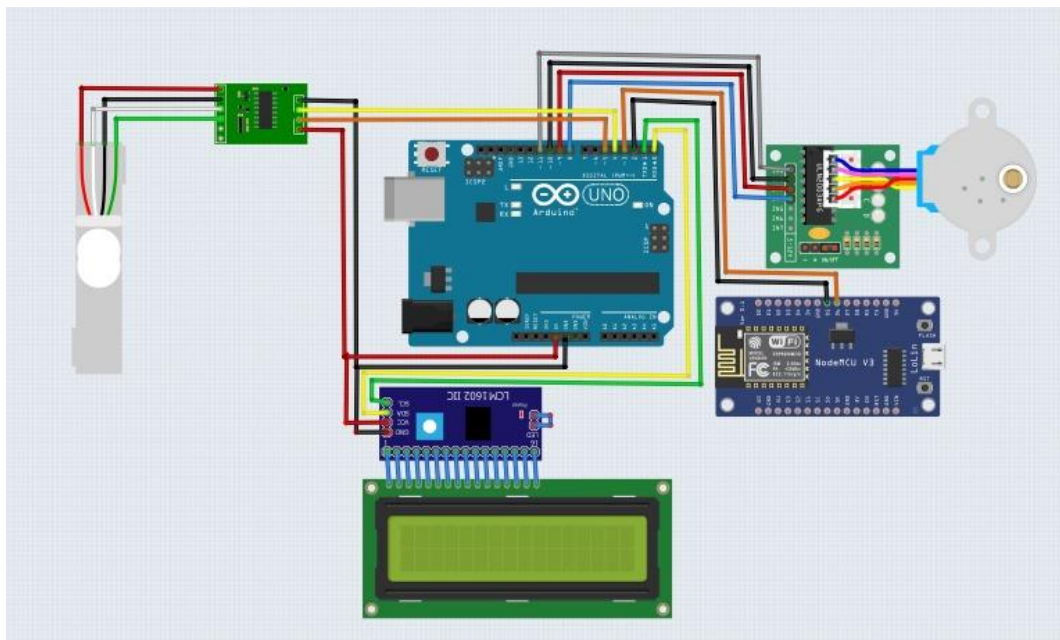
No	NamaBahan	Jumlah
1.	ESP8266	1
2.	Arduino UNO	1
3.	Kabel Jumper	120
4.	LED strip 12V	5
5.	Breadboard	1
6.	LCD 16X2	1
7.	Power Supply 12V	1
8.	Load Cell	1
9.	Motor Stepper	1
10.	DriverTB6600	1

3.1.2 Studi Literatur

Penulis melakukan pengumpulan data melalui buku, jurnal, skripsi, serta mencari referensi dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penggunaan suara untuk mengontrol solenoid door. Literatur seperti jurnal, skripsi, yang didapat melalui website Google Scholar dan beberapa buku yang didapat melalui perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Kegiatan ini dilakukan guna untuk menambah referensi dalam pengerjaan tugas akhir.

3.3 Proses Pembuatan Skema Alat

Pada proses ini pembuatan dilakukan di software fritzing, hal pertama yang dilakukan yaitu memasukkan model komponen yang diperlukan seperti mikrokontroler Esp32, Motor Stepper, LCD 16X2, dan Load Cell.



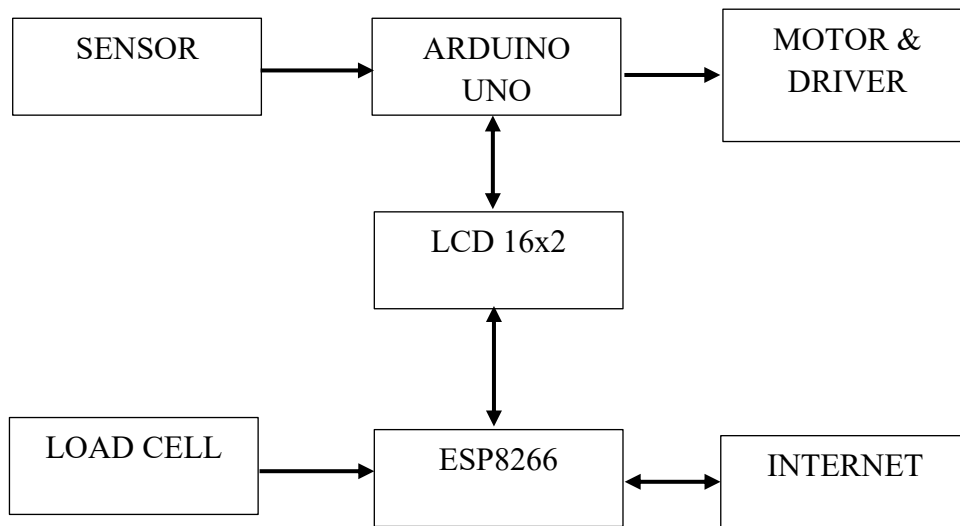
Gambar 3. 1 Sketch rangkaian alat

Wiring diagram ini menggambarkan sistem conveyor berbasis IoT yang terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat kontrol, sensor untuk mendeteksi objek di conveyor, driver motor stepper untuk menggerakkan conveyor secara terkontrol, modul WiFi ESP8266 (NodeMCU V3) untuk menghubungkan sistem ke internet dan platform IoT, serta LCD 16x2 yang terhubung melalui modul

I2C untuk menampilkan informasi lokal terkait status sensor, motor, atau koneksi, memungkinkan pemantauan dan pengendalian conveyor dari jarak jauh.

3.4 Blok Diagram Rangkaian

Sistem conveyor berbasis IoT ini memanfaatkan Arduino Uno sebagai pengendali utama yang menerima input dari sensor pendeteksi objek dan mengontrol pergerakan motor conveyor melalui driver; informasi status sensor dan motor kemudian dikirimkan melalui modul WiFi ESP8266 ke Arduino Cloud, sebuah platform IoT yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem dari jarak jauh melalui dasbor daring, sementara LCD yang terhubung melalui modul I2C menyediakan tampilan status lokal untuk memudahkan pemantauan langsung.



Gambar 3. 2 Blok diagram sistem

Gambar 3. 3 Blok diagram sistem

3.2.1 Fungsi masing-masing blok diagram sistem

- A. **SENSOR Pendeteksi Objek** Blok ini mewakili sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek di atas conveyor belt. Contoh sensor yang umum digunakan adalah sensor optik, infrared, atau proximity. Output dari sensor berupa sinyal digital atau analog yang menunjukkan ada atau tidaknya objek.
- B. **LOAD CELL Pengukur Berat** Blok baru ini menggantikan atau ditambahkan ke blok sensor sebelumnya. Load cell adalah sensor yang mengukur berat atau gaya. Dalam konteks ini, load cell akan ditempatkan pada conveyor untuk

menimbang objek yang melintas. Output dari load cell berupa sinyal listrik analog yang proporsional dengan berat objek.

- C. ARDUINO UNO Mikrokontroler Ini adalah "otak" dari sistem. Arduino Uno menerima sinyal dari sensor, memprosesnya, dan mengirimkan perintah kontrol ke driver motor. Arduino juga bertanggung jawab untuk berkomunikasi dengan modul WiFi dan mengontrol tampilan pada LCD.
- D. MOTOR & DRIVER Penggerak Conveyor Blok ini terdiri dari motor (biasanya motor DC atau motor stepper) yang menggerakkan conveyor belt dan driver motor yang berfungsi sebagai antarmuka antara Arduino Uno dan motor. Driver motor menerima sinyal kontrol dari Arduino dan menyediakan daya yang dibutuhkan oleh motor.
- E. LCD 16x2 Tampilan Lokal Layar LCD digunakan untuk menampilkan informasi secara lokal, seperti status sensor, status motor, atau status koneksi WiFi. Ini berguna untuk monitoring langsung tanpa harus mengakses platform IoT.
- F. ESP8266 Modul WiFi Modul ESP8266 adalah mikrokontroler dengan kemampuan WiFi. Dalam sistem ini, ESP8266 digunakan untuk menghubungkan Arduino Uno ke jaringan internet. Arduino akan berkomunikasi dengan ESP8266 (biasanya melalui komunikasi serial), dan ESP8266 akan mengirimkan data sensor dan status sistem ke platform IoT (cloud) serta menerima perintah kontrol dari platform tersebut.
- G. INTERNET Arduino Cloud Blok ini mewakili koneksi internet dan platform IoT (seperti ThingSpeak, Adafruit IO, atau platform cloud lainnya). Data dari sistem conveyor diunggah ke platform ini, di mana pengguna dapat memantau status sistem dari jarak jauh melalui dashboard atau aplikasi. Pengguna juga dapat mengirimkan perintah kontrol ke sistem melalui platform ini.

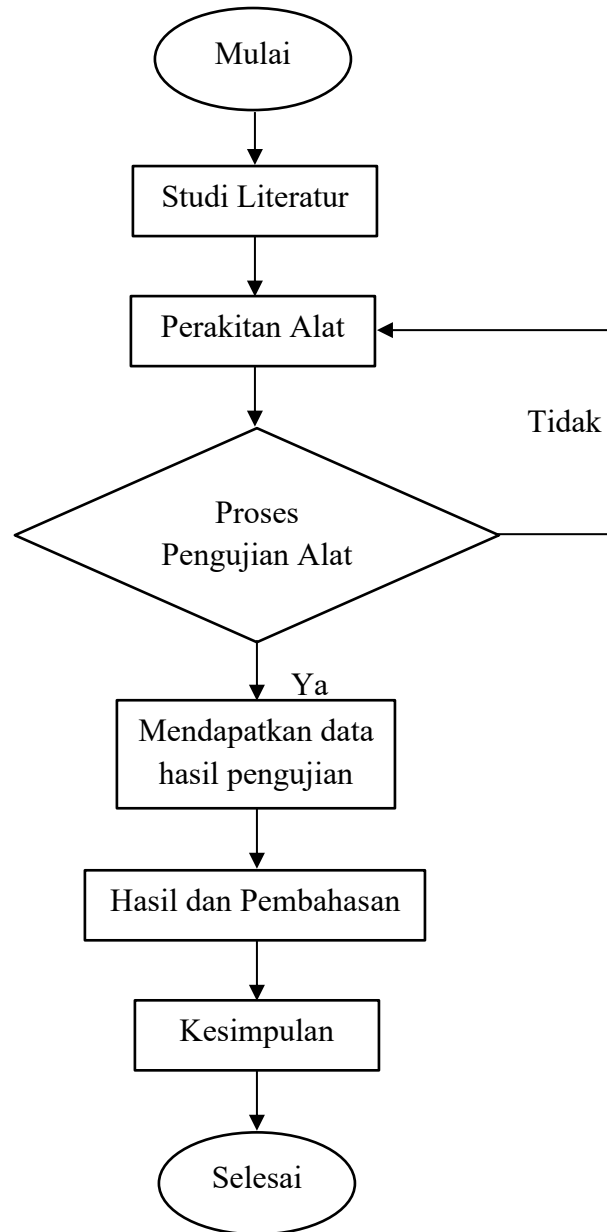
3.5 Prinsip Kerja Sistem

Sistem conveyor berbasis IoT ini dirancang untuk mengoptimalkan pergerakan barang berdasarkan beratnya secara otomatis. Jantung dari sistem ini adalah mikrokontroler ESP32 (kemungkinan yang Anda maksud dari ESP6288), yang bertugas mengolah data dari sensor load cell yang secara akurat menimbang

objek yang melintas di atas conveyor. Informasi berat ini kemudian menjadi parameter utama dalam mengendalikan kecepatan motor stepper, penggerak utama conveyor. Logika kontrol yang tertanam dalam ESP32 mengatur kecepatan motor secara dinamis: objek dengan berat sekitar 500 gram akan diangkut dengan kecepatan tinggi, objek seberat 700 gram dengan kecepatan sedang, dan objek seberat 1000 gram atau lebih akan dipindahkan dengan kecepatan rendah. Selain fungsi kontrol adaptif ini, sistem juga terhubung ke platform Arduino Cloud melalui koneksi WiFi ESP32, memungkinkan pemantauan data berat objek dan status kecepatan conveyor secara real-time dari jarak jauh melalui antarmuka web yang intuitif. Informasi penting seperti berat dan kecepatan juga dapat ditampilkan secara lokal melalui layar LCD, memberikan visibilitas langsung terhadap kinerja sistem. Integrasi antara sensor, mikrokontroler, aktuator, dan platform cloud ini menciptakan sebuah sistem conveyor cerdas yang efisien dan dapat dipantau dari mana saja.

3.6 Flowchart

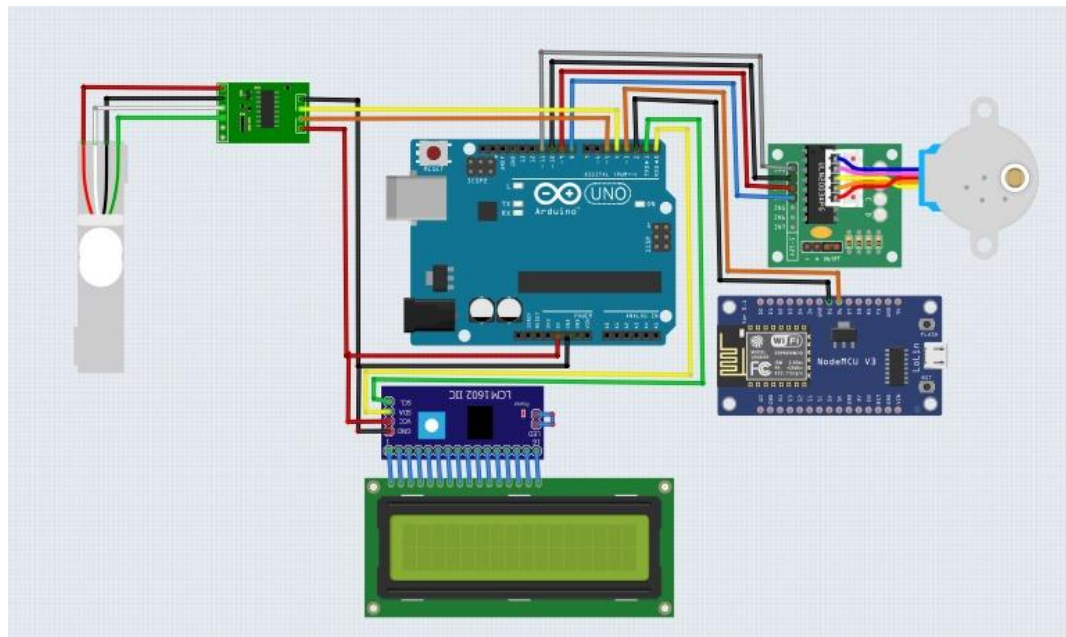
Untuk merancang program, *flowchart* dibuat terlebih dahulu untuk menggambarkan proses-proses yang berlangsung pada program.



Gambar 3. 4 Flowchart

3.7 Rangkaian Keseluruhan

Diagram rangkaian keseluruhan untuk sistem conveyor berbasis IoT.



Gambar 3. 5 Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan sistem conveyor berbasis IoT yang terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat kontrol, sensor untuk mendeteksi objek di conveyor, driver motor stepper untuk menggerakkan conveyor secara terkontrol, modul WiFi ESP8266 (NodeMCU V3) untuk menghubungkan sistem ke internet dan platform IoT, serta LCD 16x2 yang terhubung melalui modul I2C untuk menampilkan informasi lokal terkait status sensor, motor, atau koneksi, memungkinkan pemantauan dan pengendalian conveyor dari jarak jauh.

3.8 Metode Pengujian Pada Perangkat

Dalam sub bab ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan perencanaan sistem alat tersebut, serta mengetahui apakah alat yang sudah dirancang sudah sesuai dengan perencanaan atau tidak. Pengujian Sensor Load Cell dilakukan untuk mengevaluasi akurasi dan presisi dalam mengukur berat. Prosedur pengujian melibatkan penggunaan beban standar yang diketahui, penempatan beban tersebut pada load cell, dan pencatatan nilai berat yang terbaca oleh sistem. Pengukuran diulang beberapa kali untuk setiap beban guna mendapatkan data yang cukup untuk

analisis. Parameter yang diukur meliputi nilai berat terukur, error terhadap berat aktual, dan presisi yang dihitung berdasarkan standar deviasi. Data yang terkumpul kemudian dianalisis dengan menghitung error rata-rata dan standar deviasi, serta divisualisasikan dalam bentuk grafik perbandingan antara berat aktual dan terukur.

Pengujian Pengontrolan Kecepatan Motor Stepper bertujuan untuk memverifikasi kemampuan sistem dalam menyesuaikan kecepatan motor stepper berdasarkan kategori berat yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan menempatkan beban representatif untuk setiap kategori (ringan, sedang, berat) di atas load cell. Kecepatan pergerakan conveyor diamati dan dicatat, bisa melalui pengukuran waktu tempuh objek pada jarak tertentu. Pengujian diulang untuk setiap kategori berat, dan respon waktu perubahan kecepatan juga diamati. Data yang dianalisis meliputi perbandingan kecepatan conveyor antar kategori berat dan evaluasi transisi kecepatan terhadap logika kontrol yang diprogram.

Pengujian Koneksi dan Pengiriman Data ke Arduino Cloud difokuskan untuk memastikan prototipe dapat terhubung ke jaringan WiFi dan berhasil mengirimkan data berat serta kecepatan ke platform Arduino Cloud. Selama pengujian, status koneksi WiFi dipantau, dan keberhasilan penerimaan data di dasbor Arduino Cloud diamati secara real-time saat berbagai beban ditempatkan pada conveyor. Frekuensi pembaruan data dan stabilitas koneksi selama periode pengujian juga dicatat. Analisis data melibatkan konfirmasi pengiriman dan tampilan data di cloud untuk setiap pengujian, serta evaluasi stabilitas koneksi secara keseluruhan.

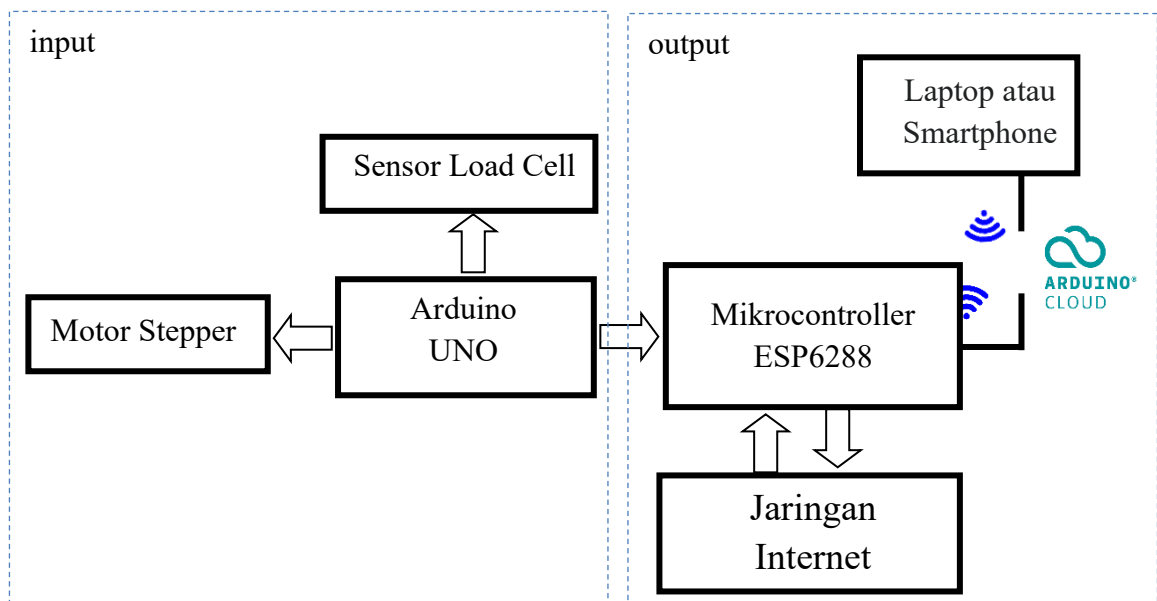
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan perancangan dari sistem yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari alat dan mengetahui apakah alat sudah berjalan dengan perencanaan, sekaligus mengetahui kekurangan dan kelebihan sistem yang dirancang. Proses kontrol IoT (Internet of Things) pada conveyor berbasis IoT melibatkan penggunaan mikrokontroler seperti NodeMCU ESP32 untuk menghubungkan conveyor dengan Arduino Cloud. NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai penghubung utama antara perangkat keras Conveyor dan jaringan internet. Mikrokontroler ini menerima perintah dari arduino cloud yang berjalan pada perangkat mobile atau komputer. arduino cloud memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau alat Conveyor secara real-time melalui antarmuka pengguna yang intuitif. Melalui NodeMCU ESP32, data sensor load cell dari conveyor dapat dikirim ke arduino cloud, sehingga pengguna dapat mengawasi kondisi operasional conveyor dan melakukan penyesuaian atau kontrol jarak jauh. Dengan integrasi ini, proses oprasi alat dapat menjadi lebih efisien dan responsif, karena memungkinkan pemantauan dan kontrol yang lebih baik terhadap conveyor tanpa memerlukan interaksi fisik langsung.

4.1 Pengujian conveyor berbasis IoT

Pengujian dilakukan pada beberapa aspek utama: Sensor Load Cell dievaluasi akurasi dan presisinya melalui pengukuran beban standar berulang dan analisis error serta standar deviasi. Pengontrolan Kecepatan Motor Stepper diuji dengan memvariasikan beban sesuai kategori berat untuk memverifikasi kemampuan sistem dalam menyesuaikan kecepatan conveyor dan menganalisis transisi kecepatannya. Koneksi dan Pengiriman Data ke Arduino Cloud diuji dengan memantau keberhasilan dan stabilitas pengiriman data berat dan kecepatan secara real-time ke dasbor cloud. Hasil dari setiap pengujian ini akan dianalisis untuk menentukan apakah sistem yang dirancang telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi dan tujuan penelitian.



Gambar 4. 1 Diagram blok conveyor berbasis IoT

Pada gambar diagram blok ini dibagi menjadi dua bagian utama: input dan output. Pada bagian input, terlihat bahwa Sensor Load Cell mengirimkan data berupa nilai berat ke Arduino UNO. Arduino UNO kemudian memproses data ini dan mengirimkan sinyal kontrol ke Motor Stepper untuk mengatur kecepatan pergerakannya. Terdapat juga komunikasi dua arah antara Arduino UNO dan Mikrokontroler ESP6288, yang menunjukkan pertukaran data antara kedua mikrokontroler.

Pada bagian output, Mikrokontroler ESP6288 terhubung ke Jaringan Internet. Melalui koneksi internet ini, data dari sistem conveyor dikirimkan ke ARDUINO CLOUD. Pengguna kemudian dapat mengakses dan memantau data ini melalui perangkat Laptop atau Smartphone yang terhubung ke internet. Terdapat simbol gelombang yang mengindikasikan koneksi nirkabel antara Laptop atau Smartphone dengan Arduino Cloud.

Secara keseluruhan, diagram ini menggambarkan alur informasi dalam sistem conveyor berbasis IoT, mulai dari pembacaan berat oleh sensor, pemrosesan dan kontrol oleh Arduino UNO, konektivitas internet melalui ESP6288, hingga visualisasi dan pemantauan data melalui platform Arduino Cloud pada perangkat pengguna.

4.2 Cara kerja alat conveyor berbasis IoT

Berikut adalah cara kerja alat conveyor berbasis IoT ini menggunakan web Arduino Cloud:

1. Pengumpulan Data oleh Perangkat Keras Arduino dan Sensor

Load Cell pada dasbor, ada indikator Display Load Cell yang menunjukkan nilai. Ini mengindikasikan bahwa sistem menggunakan load cell untuk mengukur berat atau gaya yang ada pada conveyor. Load cell akan menghasilkan sinyal listrik analog yang proporsional dengan beban. Rangkaian Pengkondisi Sinyal, Sinyal lemah dari load cell kemungkinan diperkuat dan diubah menjadi data digital oleh rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan modul HX711 yang terhubung ke mikrokontroler Arduino. Sensor Kecepatan Motor Conveyor Dasbor juga menampilkan indikator Kecepatan Motor Conveyor dalam bentuk dial. Ini menunjukkan adanya sensor encoder yang terpasang pada motor conveyor untuk mengukur kecepatan putarannya. Sensor ini mengirimkan data kecepatan ke Arduino. Mikrokontroler Arduino, Arduino modul Wi-Fi seperti ESP32 atau MKR WiFi 1010 berfungsi sebagai otak sistem.

2. Pengiriman Data ke Arduino Cloud

Arduino menggunakan library Arduino Cloud untuk membuat koneksi aman ke platform Arduino Cloud. Variabel-variabel yang telah didefinisikan di Thing Arduino Cloud, Berat, Kecepatan Motor secara berkala diperbarui dengan data sensor yang dibaca oleh Arduino.

3. Visualisasi dan Kontrol melalui Web Arduino Cloud

Switch ON Widget Switch menunjukkan status ON. Ini kemungkinan digunakan untuk mengontrol aktif atau tidaknya motor conveyor dari jarak jauh. Ketika tombol ini diubah melalui web, perintah akan dikirim kembali ke Arduino. Display Load Cell Widget Gauge atau Text Display yang menampilkan nilai berat yang sedang terukur oleh load cell. Kecepatan Motor Conveyor Widget Gauge yang menampilkan kecepatan motor conveyor saat ini. Interaksi Pengguna dapat mengakses dasbor ini melalui browser web dari perangkat mana saja yang terhubung ke internet. Kontrol Jarak Jauh Jika widget Switch dikonfigurasi sebagai

Writable Property di Arduino Cloud, pengguna dapat mengklik tombol ON atau OFF pada dasbor web. Tindakan ini akan mengirimkan perintah kembali ke Arduino.

4. Penerimaan dan Eksekusi Perintah Kontrol oleh Arduino

Arduino secara terus-menerus memantau perubahan pada properti Writable di Arduino Cloud. Ketika pengguna mengubah status Switch di dasbor, Arduino menerima perintah ini. Berdasarkan perintah yang diterima, Arduino akan mengontrol aktuator dalam hal ini, motor conveyor melalui driver motor yang terhubung ke pin-pin digital Arduino. Misalnya, jika perintah OFF diterima, Arduino akan mengirimkan sinyal ke driver motor untuk menghentikan pergerakan conveyor.



Gambar 4. 2 keseluruhan conveyor

Tabel 4. 1 logic conveyor

No	Beban Pengujian	Kecepatan Motor Stepper
1	0-500 gram	Cepat
2	501-700 gram	Sedang
3	701-1000 gram	Lambat

Tabel ini mendefinisikan bagaimana kecepatan motor stepper pada conveyor akan diatur berdasarkan beban pengujian yang terdeteksi. Logika yang diterapkan adalah

1. Beban Ringan (0-500 gram): Jika beban yang terdeteksi berada dalam rentang 0 hingga 500 gram, motor stepper akan berputar dengan kecepatan Cepat.

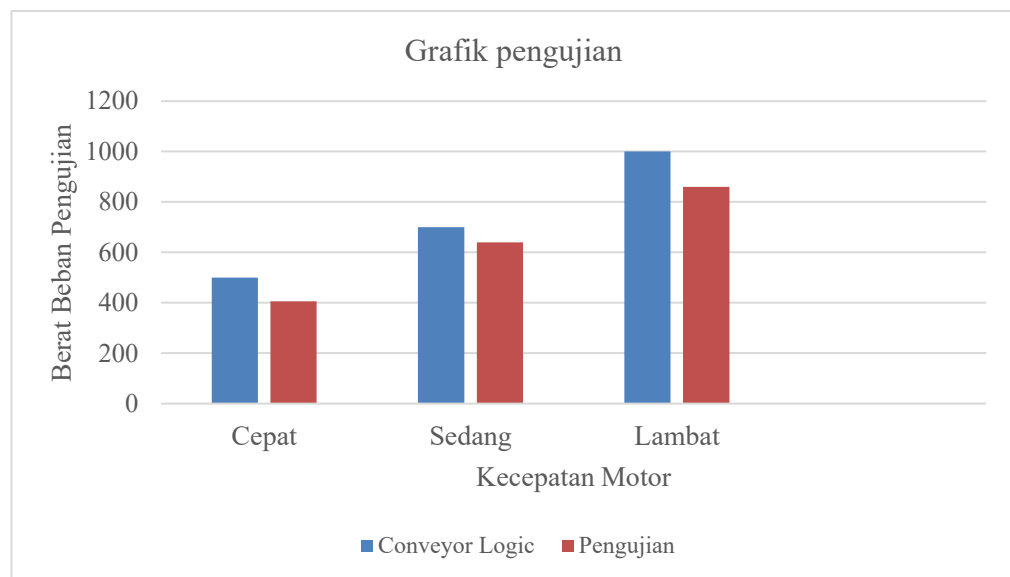
2. Beban Sedang (501-700 gram): Jika beban yang terdeteksi berada dalam rentang 501 hingga 700 gram, motor stepper akan berputar dengan kecepatan Sedang.
3. Beban Berat (701-1000 gram): Jika beban yang terdeteksi berada dalam rentang 701 hingga 1000 gram, motor stepper akan berputar dengan kecepatan Lambat.

Tabel 4. 2 pengujian conveyor

No	Beban Pengujian	Motor Berputar	Rpm	Rps
1	400 gram	Cepat	74	1.23
2	640 gram	Sedang	58	0.97
3	1000 gram	Lambat	36	0.60

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.2, terlihat jelas adanya hubungan berbanding terbalik antara beban conveyor dengan kecepatan putar motor. Hal ini dibuktikan secara kuantitatif di mana beban teringan sebesar 400 gram menghasilkan kecepatan tertinggi (74 Rpm), kemudian kecepatan menurun menjadi 58 Rpm saat beban dinaikkan menjadi 640 gram, dan turun signifikan hingga 36 Rpm pada beban terberat 1000 gram. Penurunan kecepatan ini terjadi karena beban yang lebih berat menuntut torsi yang lebih besar dari motor, sehingga secara

langsung memperlambat putarannya dan mengonfirmasi bahwa sistem telah berfungsi sesuai dengan prinsip rancangan yang diharapkan.



Gambar 4. 3 Grafik pengujian conveyor

Gambar 4.3 grafik pengujian conveyor ini membandingkan dua set data untuk setiap kecepatan motor stepper: Conveyor Logic berwarna biru dan Pengujian berwarna

Conveyor Logic Menunjukkan nilai sekitar 500. Ini kemungkinan merepresentasikan batas atas beban untuk kategori Cepat berdasarkan logika yang dirancang 0-500 gram. Pengujian: Menunjukkan nilai sekitar 400. Ini adalah beban aktual yang diuji ketika kecepatan motor stepper berada pada putaran Cepat, sesuai dengan tabel pengujian.

Conveyor Logic Menunjukkan nilai sekitar 700. Ini kemungkinan merepresentasikan batas atas beban untuk kategori Sedang berdasarkan logika yang dirancang 501-700 gram. Pengujian: Menunjukkan nilai sekitar 640. Ini adalah beban aktual yang diuji ketika kecepatan motor stepper berada pada putaran Sedang, sesuai dengan tabel pengujian.

Conveyor Logic Menunjukkan nilai sekitar 1000. Ini kemungkinan merepresentasikan batas atas beban untuk kategori Lambat berdasarkan logika yang dirancang 701-1000 gram. Pengujian: Menunjukkan nilai sekitar 860. Ini adalah

beban aktual yang diuji ketika kecepatan motor stepper berada pada putaran Lambat, sesuai dengan tabel pengujian.

Perhitungan RPM (Revolutions Per Minute) ke RPS (Revolutions Per Second) menggunakan rumus:

$$\text{Rps} = \frac{\text{Rpm}}{60}$$

1. Beban 400 gram:

$$\text{RPM} = 74$$

$$\text{Rps} = \frac{74}{60} = 1.233$$

Hasil : 1.23 RPS

2. Beban 640 gram:

$$\text{RPM} = 58$$

$$\text{Rps} = \frac{58}{60} = 0.966$$

Hasil : 0.97 RPS

3. Beban 1000 gram:

$$\text{RPM} = 36$$

$$\text{Rps} = \frac{36}{60} = 0.60$$

Hasil : 0.60 RPS

4.3 Code Program Arduino

Kode program Arduino untuk sistem conveyor berbasis IoT

```
#include <HX711.h>
#include <Stepper.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Konfigurasi Load Cell
#define DT_PIN 2
#define SCK_PIN 3
HX711 scale;
// Konfigurasi Motor Stepper
#define STEPS_PER_REVOLUTION 2048 // Jumlah langkah per revolusi
motor stepper
#define IN1 8
#define IN2 9
```

```

#define IN3 10
#define IN4 11
Stepper myStepper(STEPS_PER_REVOLUTION, IN1, IN2, IN3, IN4);
// Konfigurasi LCD I2C
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Alamat I2C mungkin berbeda
// Nilai Kalibrasi Load Cell
long calibration_factor = -20000; // Sesuaikan dengan nilai
kalibrasi Anda
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    scale.begin(DT_PIN, SCK_PIN);
    scale.set_scale(calibration_factor);
    scale.tare(); // Zero the scale
    myStepper.setSpeed(10); // Kecepatan awal motor stepper (dapat
diubah)
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.print("Berat:");
}
void loop() {
    if (scale.is_ready()) {
        long weight = scale.get_units();
        Serial.print("Berat: ");
        Serial.print(weight);
        Serial.println(" gram");
        // Kontrol Motor Stepper berdasarkan Berat
        if (weight <= 300) {
            // Motor tidak berputar
            Serial.println("Motor tidak berputar");
        } else if (weight > 300 && weight <= 500) {
            myStepper.setSpeed(20); // Gerak cepat
            myStepper.step(30);
            Serial.println("Motor berputar cepat");
        } else if (weight > 500 && weight <= 800) {
            myStepper.setSpeed(10); // Gerak sedang
            myStepper.step(20);
            Serial.println("Motor berputar sedang");
        } else if (weight > 800 && weight <= 1000) {
            myStepper.setSpeed(5); // Gerak lambat
            myStepper.step(10);
            Serial.println("Motor berputar lambat");
        }
        // Tampilkan berat di LCD
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(" "); // Clear previous value
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(weight);
    }
}

```

```

    lcd.print(" g");
    delay(1000); // Delay untuk stabilitas
  } else {
    Serial.println("HX711 tidak terdeteksi.");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Error HX711");
  }
}

```

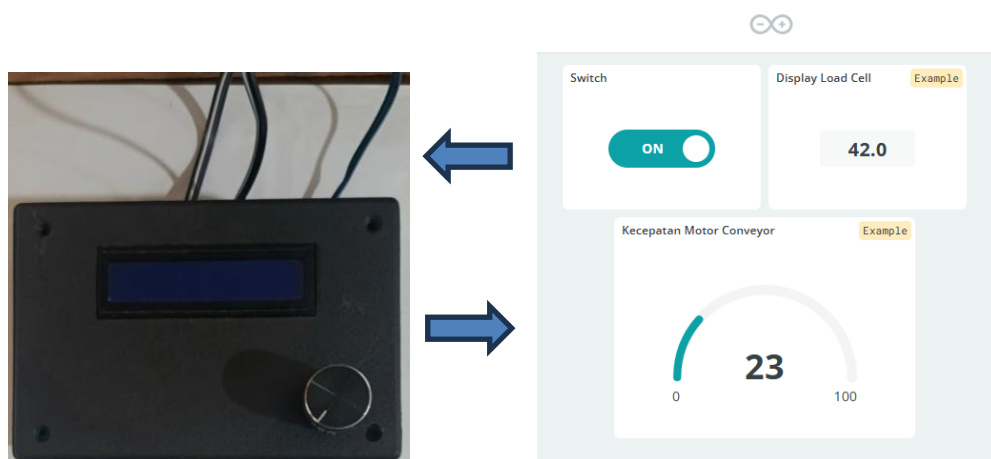
Logika kontrol kecepatan motor stepper berdasarkan berat kode program mengimplementasikan logika kontrol kecepatan motor stepper berdasarkan rentang berat yang dibaca dari sensor load cell. Logika ini diimplementasikan dalam blok if-else if di dalam fungsi loop() setelah nilai weight (berat dalam gram) berhasil dibaca: if (weight <= 300): Kondisi: Jika berat yang terukur kurang dari atau sama dengan 300 gram. Aksi: Serial.println("Motor tidak berputar"); - Program mencetak pesan ke Serial Monitor bahwa motor tidak berputar.

Dalam implementasi sebenarnya, tidak ada perintah myStepper.step() yang dieksekusi, sehingga motor akan tetap diam. Ini diasumsikan sebagai kondisi tidak ada atau beban sangat ringan, sehingga conveyor tidak perlu bergerak. else if (weight > 300 && weight <= 500): Kondisi: Jika berat yang terukur lebih besar dari 300 gram dan kurang dari atau sama dengan 500 gram. Aksi: myStepper.setSpeed(20); - Kecepatan motor stepper diatur menjadi 20 RPM (rotations per minute). Ini dianggap sebagai kecepatan cepat untuk beban yang relatif ringan. myStepper.step(30); - Motor stepper bergerak maju sebanyak 30 langkah. Perhatikan bahwa ini hanya gerakan sesaat. Jika Anda ingin motor bergerak terus menerus, Anda perlu memanggil myStepper.step() berulang kali dalam loop atau menggunakan logika kontrol yang berbeda. Serial.println("Motor berputar cepat"); - Program mencetak pesan ke Serial Monitor. else if (weight > 500 && weight <= 800): Kondisi: Jika berat yang terukur lebih besar dari 500 gram dan kurang dari atau sama dengan 800 gram. Aksi: myStepper.setSpeed(10); - Kecepatan motor stepper diatur menjadi 10 RPM. Ini dianggap sebagai kecepatan sedang untuk beban dengan berat menengah. myStepper.step(20); - Motor stepper bergerak maju sebanyak 20 langkah. Sama seperti sebelumnya, ini adalah gerakan sesaat. Serial.println("Motor berputar sedang"); - Program mencetak pesan ke Serial Monitor. else if (weight > 800 && weight <= 1000): Kondisi: Jika berat yang

terukur lebih besar dari 800 gram dan kurang dari atau sama dengan 1000 gram. Aksi: `myStepper.setSpeed(5);` - Kecepatan motor stepper diatur menjadi 5 RPM. Ini dianggap sebagai kecepatan lambat untuk beban yang lebih berat. `myStepper.step(10);` - Motor stepper bergerak maju sebanyak 10 langkah. Ini juga gerakan sesaat. `Serial.println("Motor berputar lambat");` - Program mencetak pesan ke Serial Monitor.

4.4 Pengujian Kontrol Otomatis Alat Conveyor berbasis IoT

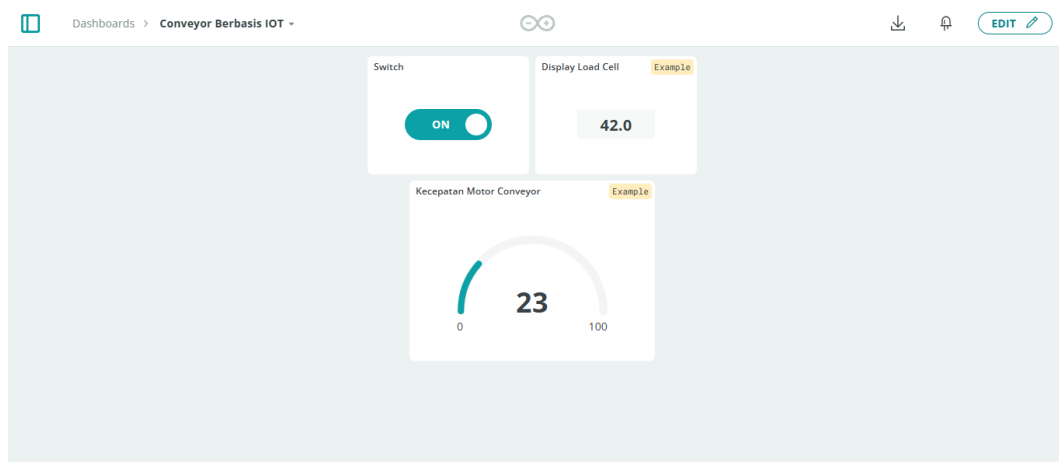
Pengujian ini dilakukan untuk melihat sistem kerja Conveyor dan Sensor load cell memastikan akurasi putara data yang diteruskan sensor yang optimal pada alat untuk mencapai hasil yang akurat dalam penggunaan conveyor berbasis iot, menganalisis prinsip kerja coveyor dari pemograman Arduino Cloud dalam penggunaan prototipe conveyor otomatis menggunakan Arduino Cloud. Untuk memastikan alat ini dapat diakses dengan IoT (Internet of Things) malalui smartphone android. Pengujian dapat dilihat pada gambar 4.2 menggunakan benda pemberat sebagai bahan pengujian alat conveyor berbasis IoT yang terhubung dengan smartphone android.



Gambar 4. 4 Rangkaian conveyor berbasis IoT yang terhubung dengan smartphone android

Dari Gambar 4.4 memperlihatkan sebuah inovasi menarik dalam dunia manufaktur modern. Terlihat jelas sebuah alat conveyor yang terhubung secara cerdas dengan sebuah smartphone Android. Kombinasi ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau proses kerja conveyor secara real-time

dan dari jarak jauh. Hanya beberapa ketukan pada layar smartphone, Anda dapat melihat data yang dikirimkan seperti data hasil timbangan dari load cell dan melihat kecepatan motor stepper berputar dari logika yang telah diprogram pada mikrokontroler esp8266 berputar cepat, sedang, dan lambat. Fleksibilitas dan presisi yang dirancang teknologi ini membuka peluang tak terbatas dalam berbagai industri, mulai dari pembuatan prototipe hingga produksi massal komponen dengan tingkat akurasi yang tinggi, dapat dilihat pada gambar 4.3 Arduino cloud yang digunakan pada conveyor berbasis IoT.



Gambar 4. 5 Web Arduino Cloud

Berdasarkan gambar dashboard Arduino Cloud yang Anda berikan, berikut adalah fungsi dari masing-masing elemen widget yang terlihat

A. Switch ON/OFF Conveyor Berbasis IoT

Widget Switch ini berfungsi sebagai kontrol utama untuk mengaktifkan ON dan menonaktifkan OFF sistem conveyor berbasis IoT secara keseluruhan dari jarak jauh melalui platform Arduino Cloud. Cara Kerja: Ketika tombol switch diubah menjadi posisi ON, perintah akan dikirim dari Arduino Cloud ke mikrokontroler ESP32 atau Arduino Uno melalui ESP32 untuk mengaktifkan sistem, yang kemungkinan akan menghidupkan motor stepper dan memungkinkan sensor load cell untuk mulai beroperasi aktif. Sebaliknya, ketika diubah menjadi OFF, perintah akan dikirim untuk menonaktifkan sistem, menghentikan motor dan mungkin menonaktifkan sensor.

B. Display Load Cell

Widget Display Load Cell ini berfungsi untuk menampilkan nilai berat yang saat ini terukur oleh sensor load cell yang terhubung ke sistem conveyor. Cara Kerja Nilai numerik yang ditampilkan gambar merupakan hasil pembacaan sensor load cell yang dikirimkan oleh mikrokontroler Arduino Uno melalui ESP32 ke Arduino Cloud dan kemudian ditampilkan pada widget ini secara real-time. Unit pengukuran gram mungkin tidak terlihat pada widget ini, tetapi diasumsikan sesuai dengan konfigurasi sistem Anda.

C. Kecepatan Motor Conveyor

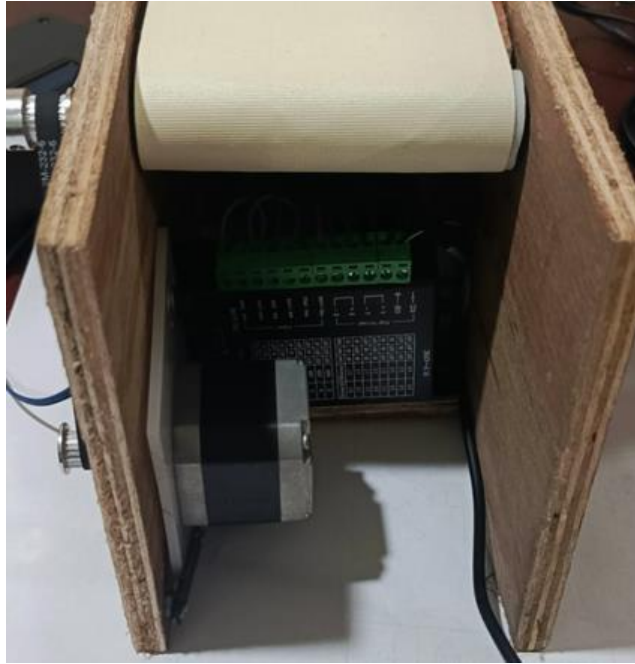
Widget Kecepatan Motor Conveyor ini berfungsi untuk memvisualisasikan kecepatan motor stepper yang menggerakkan conveyor. Widget ini menggunakan indikator berbentuk setengah lingkaran gauge untuk merepresentasikan kecepatan motor. Nilai numerik di tengah indikator menunjukkan nilai kecepatan saat ini. Skala di bawahnya menunjukkan rentang kecepatan yang mungkin. Dalam konteks proyek Anda, nilai ini kemungkinan merepresentasikan persentase kecepatan maksimum atau skala kecepatan arbitrer yang telah Anda definisikan dalam program 0% berhenti, 100% kecepatan maksimum. Indikator visual menunjukkan posisi kecepatan saat ini dalam rentang tersebut.

4.5 Pengujian Alat

Pengujian pertama berfokus pada implementasi pengontrolan kecepatan conveyor secara otomatis melalui platform Arduino Cloud. Eksperimen ini dirancang untuk mengevaluasi fungsionalitas dan efektivitas penggunaan Arduino Cloud dalam memfasilitasi kendali jarak jauh terhadap kecepatan motor conveyor. Parameter yang diamati meliputi respons sistem terhadap perintah kecepatan yang diberikan melalui antarmuka Arduino Cloud, stabilitas kecepatan yang dicapai, serta keandalan koneksi antara perangkat keras mikrokontroler Arduino yang terhubung dengan motor dan sensor kecepatan dengan platform awan. Hasil dari pengujian ini akan memberikan gambaran mengenai potensi Arduino Cloud sebagai solusi yang praktis dan efisien untuk sistem otomasi industri skala kecil, khususnya dalam aspek pengendalian kecepatan motor.

Pengujian kedua bertujuan untuk memahami secara mendalam prinsip kerja Arduino Cloud dalam konteks pengendalian kecepatan conveyor otomatis. Fokus utama adalah pada alur komunikasi data antara perangkat keras, platform awan, dan antarmuka pengguna. Pengujian ini akan meneliti bagaimana perintah kecepatan dari pengguna diterjemahkan dan dikirimkan melalui infrastruktur Arduino Cloud hingga mencapai mikrokontroler, yang kemudian menginstruksikan driver motor untuk menyesuaikan kecepatan conveyor. Analisis akan mencakup latensi komunikasi, protokol yang digunakan, serta mekanisme sinkronisasi data antara perangkat dan awan. Pemahaman mendalam terhadap prinsip kerja ini krusial untuk mengidentifikasi potensi batasan dan peluang optimasi dalam perancangan sistem kontrol berbasis awan.

Pengujian ketiga mengevaluasi hasil pemrograman yang diimplementasikan untuk mengontrol kecepatan conveyor otomatis menggunakan Arduino Cloud. Aspek yang dinilai meliputi keakuratan algoritma kontrol dalam mencapai target kecepatan, efisiensi kode program dalam penggunaan sumber daya mikrokontroler, serta kemudahan integrasi dengan fitur-fitur lain yang ditawarkan oleh Arduino Cloud, seperti visualisasi data dan notifikasi. Pengujian ini akan melibatkan serangkaian skenario perubahan kecepatan untuk mengamati respons sistem dan memastikan bahwa program berjalan sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Hasil dari pengujian ini akan memvalidasi keberhasilan implementasi perangkat lunak dalam mewujudkan sistem pengontrolan kecepatan conveyor otomatis yang fungsional dan responsif.



Gambar 4. 6 Belt conveyor



Gambar 4. 7 Penempatan sensor load cell



Gambar 4. 8 Neraca pada conveyor

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 1 Sistem konveyor berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan sensor *load cell* sebagai pendeteksi berat, motor *stepper* sebagai penggerak, dan platform Arduino Cloud sebagai antarmuka kontrol dan monitoring. Integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak berjalan sesuai dengan rancangan, membuktikan kelayakan teknis dari sistem yang diusulkan.
- 2 Fitur kontrol kecepatan otomatis terbukti berfungsi secara efektif sesuai dengan parameter berat yang ditentukan. Sistem mampu menyesuaikan kecepatan motor secara proporsional terhadap beban: kecepatan cepat untuk beban ringan (teruji pada 400 gram), kecepatan sedang untuk beban menengah (teruji pada 640 gram), dan kecepatan lambat untuk beban berat (teruji pada 860 gram), sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional konveyor.
- 3 Implementasi platform Arduino Cloud berhasil memungkinkan pemantauan (*monitoring*) sistem konveyor dari jarak jauh. Data berat objek dan kecepatan motor dapat dikirimkan dan ditampilkan secara *real-time* pada dasbor Arduino Cloud, yang menunjukkan bahwa teknologi IoT berhasil diterapkan untuk manajemen dan pengawasan sistem secara nirkabel.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk meningkatkan kontrol kecepatan motor menggunakan algoritma yang lebih cerdas, menambahkan fungsionalitas kontrol arah dan integrasi sensor tambahan, serta memperkuat aspek keamanan dan keandalan sistem IoT secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Pasaribu, F. I., Evalina, N., Roza, I., & Nasution, E. S. (2023). IoT Based Railroad Portal Security System Prototype Design. *AIP Conference Proceedings*, 2702(1). <https://doi.org/10.1063/5.0180113>
- Pasaribu, F. I., Kusuma, B. S., Evalina, N., Sahnur, E., Rizky, F., & Sipahutar, E. (2024). Desain Sistem Kontrol Jarak Jauh Pintu Pagar Melalui Internet of Things. *Sudo*, 3(2), 1–6.
- Pasaribu, F. I., Lubis, A. G., Safril, M., Kusuma, B. S., & Fadlan, M. (2021). Disain Smart Electricity Penghematan pada Peralatan Listrik Menggunakan Sensor Ultrasonic. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 40–50. <https://doi.org/10.53695/jm.v2i2.576>
- Pratama, W. R., Yulianti, B., & Sugiharto, A. (2022). Prototipe Smart Parking Modular Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Industri*, 11(1), 52–60. <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/view/954>
- Risfendra, R., Ananda, G. F., & Stephanus, A. (2021). Internet of Things on Electrical Energy Monitoring Using Multi-Electrical Parameter Sensors. *MOTIVATION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.46574/motivaction.v3i1.79>
- Tamba, S. P., Nasution, A. H. M., Indriani, S., Fadhilah, N., & Arifin, C. (2019). Pengontrolan Lampu Jarak Jauh Dengan Nodemcu Menggunakan Blynk. *Jurnal Teknik Informasi Dan Komputer (Tekinkom)*, 2(1), 93–98.
- Abdullah, A., Cholish, C., & Zainul haq, M. (2021). Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Pergerakan Kamera. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 86. <https://doi.org/10.22373/crc.v5i1.8497>

- Arto, B., Winarno, B., & Hidayatullah, N. A. (2019). Rancang Bangun Smart Plug Untuk Sistem Monitoring Dan Proteksi Hubungsingkat Listrik. *Jurnal ELTIKOM*, 3(2), 77–84. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v3i2.123>
- Aribowo, D., Desmira, D., Ekawati, R., & Rahmah, N. (2021). Sistem Perancangan Conveyor Menggunakan Sensor Proximity Pr18-8Dn Pada Wood Sanding Machine. *EDSUAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 8(1), 67–81. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v8i1.146>
- Arijaya, I. M. N. (2019). Rancang Bangun Alat Konveyor Untuk Sistem Soltir Barang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 2(2), 126–135. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v2i2.363>
- Erwan Eko Prasetyo. (2017). APLIKASI INTERNET OF THINGS (IoT) UNTUK PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN BEBAN LISTRIK DI RUANGAN. *Jurnal Teknika STTKD*, 4(2), 28–39.
- Pasaribu, F. I., & Yogen, S. (2019). Perancangan Prototype Troli Pengangkut Barang Otomatis Mengikuti Pergerakan Manusia. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 82–92. <https://doi.org/10.30596/rele.v1i2.3011>
- Pasaribu, F. I., Evalina, N., & Nasution, E. S. (2024). Disain Alat Monitoring Real-Time Dari Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Internet of Things. *RELE (Rekayasa Elektrikal ...)*, 6(2), 128–134. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/download/17200/10652>