

Perancangan Pengendalian Motor DC Pada Konveyor Berbasis Multisensor Untuk Sortir Otomatis

Pascal Achmad Faisa^{*)}, Wahyudi¹, dan Achmad Hidayatno¹

¹Departemen Teknik Elektro Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, S.H., Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: pascalachmadfaisal@students.undip.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi otomasi mendorong kebutuhan sistem penyortiran otomatis yang efisien dan akurat dalam industri, khususnya proses pemindahan dan klasifikasi barang berdasarkan berat, jarak, dan posisi. Penelitian ini merancang sistem konveyor penyortiran otomatis berbasis mikrokontroler Arduino UNO yang mengintegrasikan sensor berat (load cell) dengan modul HX711), sensor jarak (VL53L0X), dan sensor infrared avoidance untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan barang secara mandiri dan real-time. Metode pembacaan data load cell dan HX711 dikembangkan untuk pengukuran berat yang akurat dan stabil. Sensor VL53L0X dan infrared avoidance berfungsi mendeteksi keberadaan dan posisi akhir barang pada konveyor secara presisi. Motor DC PG28 gearbox bertorsi tinggi dikendalikan driver BTS7960 agar konveyor bergerak stabil dan presisi sesuai kebutuhan sortir. Logika kontrol berbasis Arduino UNO mengolah data multisensor dan mengendalikan aktuator otomatis. Hasil pengujian menunjukkan motor DC berputar stabil pada PWM maksimum 255, mendeteksi posisi dan berat barang secara akurat, serta menghentikan konveyor otomatis sesuai posisi scanning dan deteksi infrared. Sistem, ini memberikan solusi otomasi untuk penyortiran barang pada industri kecil dan menengah.

Kata kunci: Konveyor Otomatis, Arduino UNO, Load cell HX711, Sensor VL53L0X, Sensor Infrared Avoidance, Motor DC PG28 gearbox, BTS7960, Sistem penyortiran.

Abstract

The development of automation technology has driven the need for efficient and accurate automatic sorting systems in industries, especially for the processes of transferring and classifying goods based on weight, distance, and position parameters. This study designed and developed an automatic conveyor sorting system based on the Arduino Uno microcontroller. The system integrates a load cell sensor with an HX711 module, a VL53L0X sensor, and an infrared avoidance sensor to autonomously and in real-time detect and classify goods. The data reading method from the load cell and HX711 was developed to provide accurate and stable weight measurements. The VL53L0X sensor and infrared avoidance sensor function to detect the presence and final position of goods on the conveyor with high precision. A high-torque PG28 DC gearbox motor with a torque of up to 1 kg.cm is controlled by an L298N motor driver, which enables stable and precise conveyor movement according to sorting requirements. The control logic based on Arduino Uno processes multisensor data and automatically controls the actuators efficiently. Test results demonstrated that the system could operate the DC motor at a stable speed with a maximum PWM value of 255, accurately detect the position and weight of goods, and automatically stop the conveyor according to the scanning position and infrared detection. This system offers an automation solution suitable for sorting goods in small and medium-scale industries.

Keywords: Automatic Conveyor, Arduino UNO, Load Cell HX711, VL53L0X Sensor, Infrared Avoidance Sensor, PG28 DC Gearbox Motor, BTS7960, Sorting System.

1. Pendahuluan

Perkembangan otomasi industri mendorong peningkatan efisiensi, kecepatan, dan akurasi operasional, khususnya pada system penyortiran otomatis berbasis konveyor. System konvensional yang masih bergantung pada tenaga manusia rentan terhadap kesalahan, inkonsistensi, serta keterbatasan waktu kerja, sehingga diperlukan Solusi otomatis yang terintegrasi [1]. Salah satu Solusi yang efektif adalah penggunaan Arduino UNO, mikrokontroler *open-source* berbasis ATmega328P yang mudah deprogram dan kompatibel [2]. Dalam penelitian ini, sistem penyortiran otomatis dirancang dengan integrasi beberapa komponen utama:

1. Sensor *load cell* dengan modul HX711 untuk pengukuran berat. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi strain gauge akibat gaya tekan, dengan HX711 berfungsi sebagai penguat dan konverter analog-ke-digital agar sinyal dapat diproses Arduino. Sistem ini terbukti presisi untuk pengukuran berat, bahkan pada barang ringan dengan toleransi ketat [3][4].
2. Sensor jarak VL53L0X digunakan untuk mendeteksi keberadaan barang di atas konveyor secara non-kontak menggunakan pantulan gelombang cahaya. Sensor ini murah, mudah diaplikasikan, dan cukup akurat pada jangkauan pendek [5].
3. Sensor *infrared avoidance* untuk mendeteksi posisi akhir barang, memungkinkan sistem mengetahui saat objek telah mencapai titik penyortiran tanpa kontak fisik [6].
4. Motor DC *gearbox* torsi 10 kg.cm sebagai penggerak utama konveyor, dikendalikan oleh driver BTS7960 yang mendukung kontrol arah dan kecepatan presisi serta mampu menangani arus hingga 2A per channel [7][8].
5. *Rotary encoder* dipasang pada poros motor untuk memonitor kecepatan dan posisi rotasi konveyor secara *real-time*. Data dari *encoder* digunakan untuk pengendalian presisi motor, sinkronisasi proses pengukuran berat, dan memastikan konveyor berhenti pada posisi yang tepat saat penyortiran [9][10].

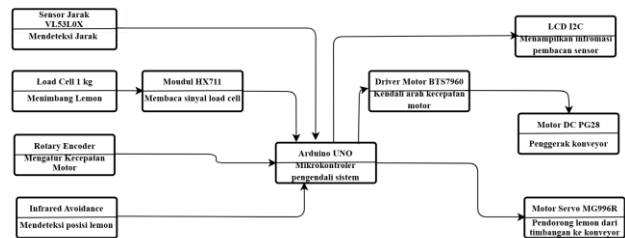
Integrasi seluruh komponen memungkinkan sistem melakukan klasifikasi objek secara otomatis berdasarkan berat dan posisi dengan pergerakan konveyor yang stabil dan responsif [11].

2. Metode

2.1 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Sistem pengendalian motor DC konveyor menggunakan *power supply* utama, dengan tegangan distabilkan oleh *buck converter* menjadi 5 V untuk Arduino UNO dan sensor. Arduino bertindak sebagai pusat kendali, menerima data dari sensor VL53L0X (jarak objek), *rotary encoder*

(kecepatan dan posisi poros motor), *infrared avoidance* (keberadaan objek), dan *load cell* dengan HX711 (berat objek). Data berat digunakan untuk mengontrol motor servo penyortir, sementara LCD I2C menampilkan informasi berat, jarak, status sensor, dan kecepatan motor secara *real-time* [12][13][14]. Konfigurasi ini memungkinkan sistem bekerja otomatis dan responsif, memanfaatkan data sensor untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi proses penyortiran pada Gambar 1.

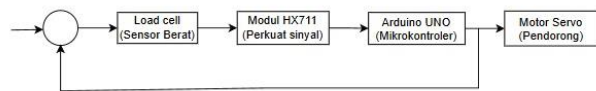


Gambar 1 Diagram blok perancangan perangkat keras sistem keseluruhan untuk pengendalian motor DC pada konveyor.

Arduino UNO mengolah data sensor dan mengirimkan sinyal kendali ke *driver* BTS7960, yang mengatur arus dan arah motor DC, sehingga konveyor bergerak presisi sesuai perintah mikrokontroler dalam proses penyortiran otomatis.

2.1.1 Perancangan Alat Ukur Berat

Pada sistem sortir otomatis, digunakan *load cell* 1 kg karena berat lemon berkisar 25–290 g, sehingga kapasitas ini aman dari *overload* dan tetap presisi untuk pengukuran di bawah 300 g. *Load cell* tipe *strain gauge* menghasilkan sinyal analog kecil ($\pm 1-2$ mV/V), sehingga diperlukan modul HX711 sebagai penguat dan konverter ADC agar dapat dibaca oleh Arduino UNO melalui pin DT dan SCK. Dengan akurasi $\pm 0,02\%$ serta dukungan kalibrasi dan filter sederhana, sistem mampu melakukan pengukuran berat secara *real-time* dan stabil untuk proses sortir otomatis Gambar 2 [15].



Gambar 2 Diagram blok *load cell* dengan Arduino UNO.

Load cell 1 kg mengubah berat objek menjadi sinyal listrik kecil, yang diperkuat dan dikonversi digital oleh HX711 agar dibaca Arduino UNO. Arduino memproses data berat dan mengirim sinyal ke motor servo, yang bergerak sesuai batas berat tertentu. Sistem bekerja secara *closed-loop*, di mana gerakan servo dikontrol berdasarkan *feedback load cell* untuk memastikan akurasi pengukuran dan pengendalian pada Tabel 1. Sistem pengukuran berat terdiri dari *load cell* 1 kg, modul HX711, dan Arduino UNO. *Load cell* mendeteksi berat dan menghasilkan sinyal analog

kecil, yang diperkuat dan dikonversi digital oleh HX711 agar dapat dibaca Arduino.

Tabel 1 Alokasi penggunaan pin driver HX711 dan load cell pada Arduino Uno.

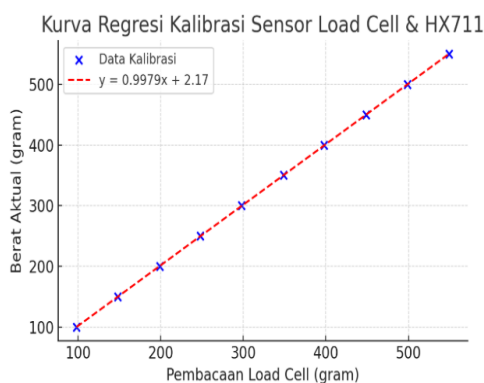
komponen	kabel	HX711	Sambungan Arduino
Load cell	Merah	E+	-
	Hitam	E-	-
	Hijau	A+	-
	Putih	A-	-
Hx711	VCC	-	5V
	GND	-	GND
	DT	-	Pin 3
	SCK	-	Pin2

Arduino kemudian memproses data berat untuk keperluan seperti sistem sortir otomatis atau timbangan digital, serta bisa menampilkan hasilnya melalui LCD 16x2 atau OLED. Sistem bekerja akurat dan andal, dengan hasil kalibrasi load cell ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil kalibrasi sensor load cell dan HX711.

No. Sampel	Berat Aktual (gram)	Alat Ukur Berat (gram)
1	100	98
2	150	148
3	200	199
4	250	248
5	300	298
6	350	349
7	400	398
8	450	449
9	500	499
10	550	549

Dari Tabel 2 maka didapatkan kurva regresi dari kalibrasi sensor load cell dan HX711 pada Gambar 3.



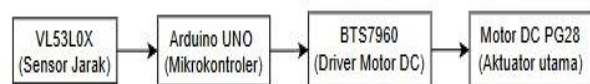
Gambar 3 Kurva regresi kalibrasi sensor load cell dan HX711

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran 10 sampel menggunakan load cell dibandingkan timbangan referensi, dengan nilai sensor 98–549 g dan berat aktual 100–550 g. Hasil sensor mendekati nilai aktual meski terdapat selisih

kecil akibat nonlinearitas sensor, respon ADC HX711, atau gangguan mekanis. Analisis kalibrasi dengan regresi linier menghasilkan persamaan $y = 0.9979x + 2.17$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.9999$, menunjukkan linearitas tinggi dan presisi sensor. Galat pengukuran hanya 0,3–1%, masih dalam batas toleransi sistem timbangan elektronik.

2.1.2 Perancangan Alat Ukur Jarak

Sensor jarak diperlukan pada sistem sortir otomatis untuk mendeteksi posisi objek dan menghentikan konveyor secara tepat. Dengan jarak kerja sekitar 68 cm, sensor VL53L0X dipilih karena menggunakan teknologi Time of Flight (ToF) berbasis laser inframerah yang akurat dan stabil pada jarak di bawah 1 meter. Sensor VL53L0X terhubung ke Arduino UNO melalui komunikasi I²C dan membaca data jarak secara real-time. Data tersebut diproses Arduino untuk mengendalikan motor servo sebagai penggerak konveyor. Alur kerja sensor hingga aktuator ditunjukkan pada Gambar 4 [13].



Gambar 4 Blok diagram VL53L0X dengan Arduino UNO.

Sinyal input dibandingkan dengan umpan balik dari sensor VL53L0X dan diproses oleh Arduino UNO, yang mengirimkan sinyal kontrol ke driver BTS7960 untuk menggerakkan motor DC. Sensor mengukur jarak hasil gerakan motor dan mengirim data kembali ke Arduino untuk menyesuaikan kecepatan atau arah motor. Sistem bekerja secara open-loop, dengan alokasi pin VL53L0X pada Arduino ditunjukkan di Tabel 3.

Tabel 3 Alokasi penggunaan pin VL53L0X pada Arduino UNO.

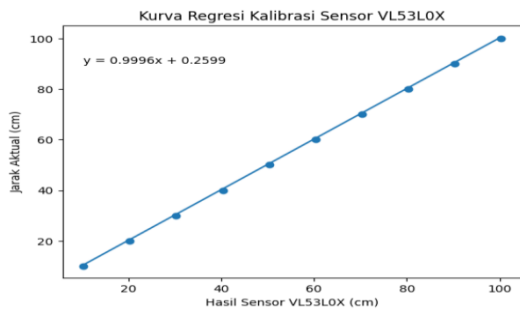
Pin VL53L0X	Fungsi	Sambungan ke Arduino Uno
VCC	Tegangan +5V	5V
GND	Ground	GND
SDA	Data I ² C	Pin A4
SCL	Clock I ² C	Pin A5

Pin SDA dihubungkan ke Arduino A4 untuk mengirim data I²C (100–400 kHz atau 20–30 ms), sedangkan SCL ke A5 mengatur ritme komunikasi agar pengiriman bit tepat. Setelah kalibrasi, error sensor dapat diketahui dan diharapkan mendekati nilai jarak aktual. Hasil kalibrasi ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Kalibrasi sensor jarak VL53L0X pada berbagai sampel.

Sampel	Jarak Aktual (cm)	Alat Ukur Jarak (cm)
1	10	10,2
2	20	20,3
3	30	30
4	40	40,2
5	50	50,6
6	60	60,7
7	70	70,2
8	80	80,1
9	90	90,3
10	100	100,2

Dari data Tabel 4, maka kurva regresi dari kalibrasi tersebut bisa ditampilkan, dan ditunjukkan pada Gambar 5.

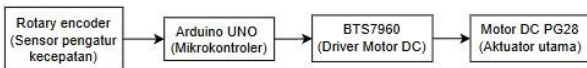


Gambar 5 Kurva regresi kalibrasi sensor VL53L0X

Gambar 5 menunjukkan regresi linier antara jarak sensor VL53L0X dan jarak aktual, dengan persamaan $y = 0,9996x + 0,2599$. Koefisien 0,9996 mendekati 1, menunjukkan akurasi tinggi, sedangkan *offset* 0,2599 cm kecil dan kemungkinan disebabkan kalibrasi atau faktor lingkungan. Garis regresi hampir berimpit dengan data aktual, menandakan galat minimal. Hasil ini menunjukkan sensor VL53L0X mampu mengukur jarak 10–100 cm secara stabil, konsisten, dan akurat, sehingga andal untuk sistem deteksi posisi objek atau sortir otomatis.

2.1.3 Perancangan Alat Ukur Kecepatan Motor

Sensor *rotary encoder* berfungsi mendeteksi arah dan jumlah putaran poros secara real-time. Tipe yang digunakan adalah *incremental* dengan dua output digital (kanal A/CLK dan B/DT) yang kompatibel dengan Arduino UNO, memungkinkan mikrokontroler membaca pulsa untuk menentukan posisi dan arah putaran poros. Gambar 6 menunjukkan alur kerja dari sensor VL53L0X hingga aktuator motor servo.



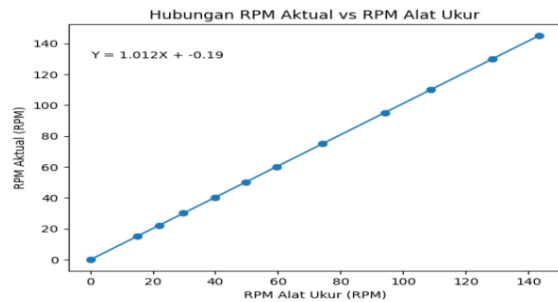
Gambar 6 Blok diagram VL53L0X dengan Arduino UNO.

Sinyal *rotary encoder* diproses melalui pin digital Arduino dengan *interrupt* agar perubahan pulsa terdeteksi cepat dan presisi. Sensor diberi suplai 5 V dari *buck converter* 12 V dan dipasang pada poros motor untuk memperoleh data rotasi yang akurat. Hasil kalibrasi ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Kalibrasi sensro *rotary encoder*.

PWM	Waktu Rotasi (detik)	RPM Aktual	RPM alat ukur
255	0,41	146,34	144,8
230	0,46	130,43	128,7
205	0,53	113,21	111,5
180	0,63	95,24	96,1
155	0,78	76,92	75,4
130	0,96	62,50	61,8
105	1,20	50,00	49,6
80	1,52	39,47	40,2
55	2,00	30,00	29,3
30	2,75	21,82	22,1
5	3,90	15,38	15,0

Tabel 5 menunjukkan pengaruh nilai PWM terhadap *duty cycle* dan waktu rotasi motor DC. PWM dikurangi bertahap dari 255 hingga 0, dan kecepatan putaran dicatat dengan *rotary encoder*. Semakin kecil PWM, waktu rotasi meningkat dan RPM menurun; pada PWM = 0, motor tidak berputar. Grafik hubungan PWM dan *duty cycle* terhadap waktu rotasi ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik hubungan PWM dan *duty cycle* dengan waktu rotasi.

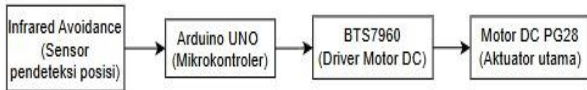
Kurva regresi antara RPM aktual dan RPM alat ukur menunjukkan hubungan linear dengan persamaan $RPM \text{ Alat Ukur} = 1,012 \times RPM \text{ Aktual} + 0,19$, menandakan akurasi tinggi dan deviasi kecil. Perbedaan kecil kemungkinan disebabkan toleransi alat, variasi tegangan, atau kesalahan pembacaan. Tabel 6 menunjukkan alokasi pin *rotary encoder* pada perancangan. Pin GND dan VCC dihubungkan ke Arduino untuk suplai 5 V. Pin CLK dan DT dihubungkan ke A0/A1 atau digital D2/D3 (untuk *interrupt*), sedangkan SW dapat dihubungkan ke A2 atau pin digital lain untuk fungsi tombol tambahan. Tabel 6 menunjukkan alokasi penggunaan pin *rotary encoder* pada Arduino UNO

Tabel 7 Alokasi penggunaan pin rotary encoder pada Arduino UNO.

Pin Rotary encoder	Pin Arduino Uno	Keterangan
GND	GND	Ground – harus disambungkan ke GND Arduino
VCC	5V	Tegangan input (biasanya 5V)
CLK (A)	D2	Channel A – sinyal arah
DT (B)	D3	Channel B – sinyal langkah
SW (opsional)	D4	Tombol tekan (jika encoder memiliki tombol)

2.1.4 Perancangan Alat Ukur Pendeteksi Posisi

Pada sistem konveyor penyortiran lemon, digunakan sensor infrared avoidance untuk mendeteksi keberadaan lemon pada jarak dekat ($\pm 1-15$ cm). Sensor ini bekerja secara non-kontak dengan pantulan cahaya inframerah dan menghasilkan output digital HIGH atau LOW sebagai sinyal pemicu proses penyortiran. Diagram blok sensor ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram blok sensor infrared avoidance.

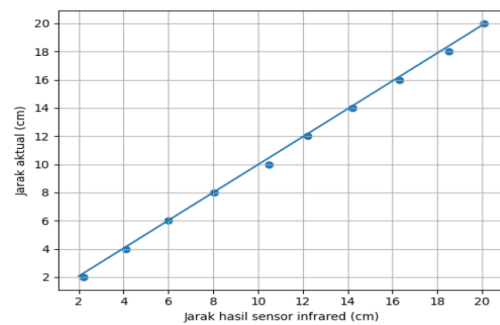
Sensor infrared memberikan output digital HIGH saat tidak ada objek dan LOW saat objek terdeteksi, dihubungkan ke Arduino UNO (misal D4) untuk pembacaan real-time. Arduino menggunakan sinyal ini untuk mengendalikan motor konveyor: berhenti saat LOW dan berjalan saat HIGH, memastikan proses sortir akurat. Hasil kalibrasi sensor ditampilkan pada Tabel 7. Tabel 7 menunjukkan pengujian sensor infrared avoidance pada 10 sampel lemon dengan variasi jarak.

Tabel 8 Kalibrasi sensor infrared avoidance.

Jarak Aktual (cm)	Jarak Alat Ukur (cm)	Deteksi (%)	Rata-rata Vout (V)	Catatan
2	2,2	100	0,23	Kuat terdeteksi
4	4,1	100	0,25	Kuat terdeteksi
6	6	100	0,28	Kuat terdeteksi
8	8,05	100	0,30	Kuat terdeteksi
10	10,5	100	0,34	Kuat terdeteksi
12	12,2	100	0,42	Terdeteksi

Jarak Aktual (cm)	Jarak Alat Ukur (cm)	Deteksi (%)	Rata-rata Vout (V)	Catatan
14	14,2	100	0,69	Terdeteksi
16	16,3	50	0,95	Mulai melemah
18	18,5	50	2,8	Mulai melemah
20	20,1	50	4,70	Mulai melemah

Dari Tabel 7 maka akan bisa menggambarkan kurva kalibrasi sensor terhadap jarak dan juga tegangan rata ratanya pada Gambar 9.



Gambar 9 Kurva regresi sensor infrared avoidance.

Tegangan output meningkat seiring jarak bertambah (misal 0,42 V pada 12 cm dan 0,95 V pada 16 cm), menunjukkan sensor mampu mendeteksi perubahan jarak. Beberapa fluktuasi terjadi karena perbedaan reflektansi permukaan, posisi sensor, atau gangguan cahaya. Data ini dapat digunakan untuk membuat kurva regresi kalibrasi sensor. Alokasi pin ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 9 Alokasi penggunaan pin infrared pada Arduino UNO.

Kabel Sensor	Sambungan	Keterangan
VCC	+5V Arduino Uno	Tegangan kerja sensor (biasanya 5V DC)
GND	GND Arduino	Ground
OUT	Salah satu pin digital Arduino (D4)	Output sinyal deteksi (HIGH/LOW)

2.1.5 Perancangan Pengendalian Motor DC

Aktuator utama adalah motor DC PG28 High Torque dikendalikan driver BTS7960, dengan kecepatan bebas ~146,3 RPM, torsi maksimal 1 kg-cm, dan arus 1,2-3 A. Motor dipilih karena torsi tinggi dan kecepatan dapat diatur. Driver BTS7960 menguatkan sinyal Arduino untuk

mengendalikan arah dan kecepatan motor via PWM. Alokasi pin ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 10 Alokasi penggunaan pin pengendalian motor DC.

Komponen	Pin	Terhubung ke
PSU 24 V	+, -	Buck IN+, IN-
Buck Converter	OUT 5 V	Arduino 5V
Buck Converter	OUT GND	Arduino GND
Buck / PSU	OUT +	BTS7960 B+
Buck / PSU	OUT -	BTS7960 B-
BTS7960	RPWM	Arduino D5
BTS7960	LPWM	Arduino D6
BTS7960	R_EN, L_EN	Arduino 5V
BTS7960	M+, M-	Motor PG28
HX711	DT, SCK	Arduino D9, D8
HX711	VCC, GND	Arduino 5V, GND
Load cell	E±, A±	HX711
VL53L0X	SDA, SCL	Arduino A4, A5
VL53L0X	VCC, GND	Arduino 5V, GND
Sensor IR	OUT	Arduino D7
Servo MG996R	Signal	Arduino D13
Servo MG996R	VCC, GND	5-6 V, GND
Rotary encoder	CLK, DT, SW	Arduino D2, D3, D4
LCD I ² C	SDA, SCL	Arduino A4, A5
LCD I ² C	VCC, GND	Arduino 5V, GND

2.1.6 Perancangan Pendorong

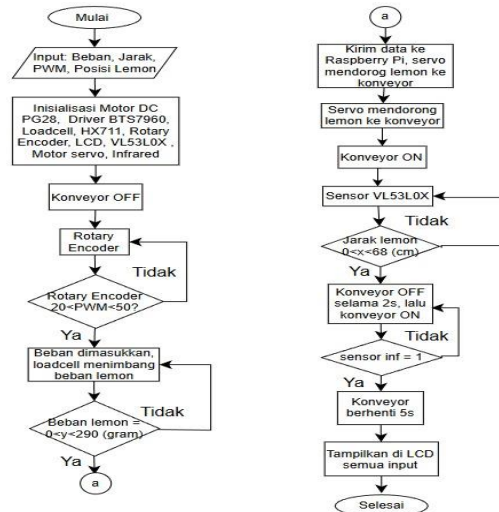
Aktuator lengan pendorong menggunakan servo MG996R untuk memindahkan lemon ke konveyor secara terkontrol. Servo ini ringan, berukuran kecil, dan memiliki torsi hingga 10 kg·cm (6 V) dengan kecepatan ~0,10 s/60°. Lengan pendorong 10 cm digunakan untuk mendorong lemon 100 g dari posisi awal 0°. Diagram blok ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 11 Parameter referensi sudut motor servo.

Parameter	Simbol	Nilai
Panjang lengan servo	(L)	10 cm = 0,10 m
Massa lemon	(m)	0,1 kg
Gravitasi bumi	(g)	9,81 m/s ²
Torsi maksimum MG996R	τ_{max}	11 kg·cm = 1,08 N·m
Posisi awal servo	θ_0	0°
Target: lengan menyentuh lemon dan mendorongnya ke konveyor	-	-

2.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

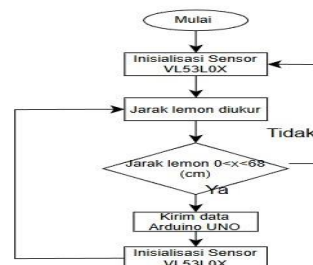
Perangkat lunak dikembangkan dengan C/C++ di Arduino IDE pada Arduino UNO. Program membaca dan memproses data dari sensor load cell + HX711, VL53L0X, rotary encoder, dan infrared avoidance, sekaligus mengendalikan motor DC dan mekanisme sortir otomatis. Diagram alir ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Diagram alir perangkat lunak sistem.

2.2.1 Perancangan Software Alat Ukur Jarak

Fungsi bacaJarak() pada sensor VL53L0X membaca jarak objek menggunakan prinsip Time-of-Flight (ToF). Nilai jarak (mm) dikonversi ke cm dan difilter dengan moving average untuk mengurangi noise. Jika pembacaan gagal atau timeout, nilai default 999 digunakan. Hasil akhirnya disimpan dalam jarakRealtime sebagai data jarak stabil untuk kendali motor dan aktuator konveyor. Diagram alir ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Diagram alir dari penggunaan sensor ultrasonik VL53L0X

2.2.2 Perancangan Software Pengendalian Motor DC dan Driver BTS7960

Pengendalian motor DC melalui driver BTS7960 dilakukan dengan dua fungsi utama. Fungsi motorMundur(int kecepatan) menggerakkan motor

mundur dengan *IN1 LOW*, *IN2 HIGH*, dan mengatur kecepatan menggunakan PWM pada pin ENA sesuai parameter.

2.2.3 Perancangan Software Alat Ukur Berat

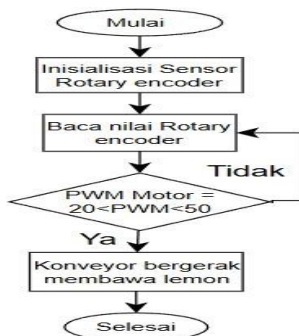
Kalibrasi interaktif bisa dilakukan *via* serial: '+'/'a' menambah faktor, '-'/'z' mengurangi, dan 't' melakukan *tare* (nol) dengan konfirmasi di serial monitor. Diagram alir penggunaan sensor HX711 diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Diagram alir dari penggunaan sensor load cell dan driver HX711.

2.2.4 Perancangan Software Alat Ukur Kecepatan Motor DC

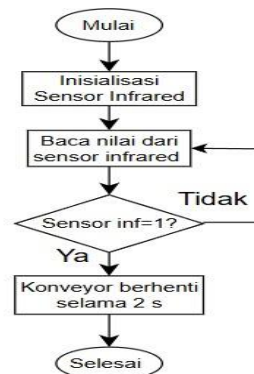
Perubahan pada pin CLK dibandingkan *lastClkState* menentukan arah putaran: jika pin DT berbeda dengan CLK, kecepatan (*motorSpeed*) naik 10, sebaliknya turun 10. Nilai dibatasi 0–255 dengan *constrain()*. Tombol tekan (pin SW) langsung mengatur kecepatan ke 255 dengan delay 300 ms untuk *debounce*. Delay 5 ms digunakan untuk menghindari *noise*. Encoder memungkinkan kontrol manual kecepatan motor secara bertahap dan reset cepat. selisih antara berat lemon dan berat aktual tidak terlalu besar, dengan rata-rata perbedaan sekitar 2–3 gram. Rata-rata pembacaan load cell (101,65 gram) juga sangat mendekati rata-rata berat aktual (101,5 gram). Diagram alir dari penggunaan sensor rotary encoder diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Diagram alir dari penggunaan sensor rotary encoder

2.2.5 Perancangan Software Alat Ukur Posisi

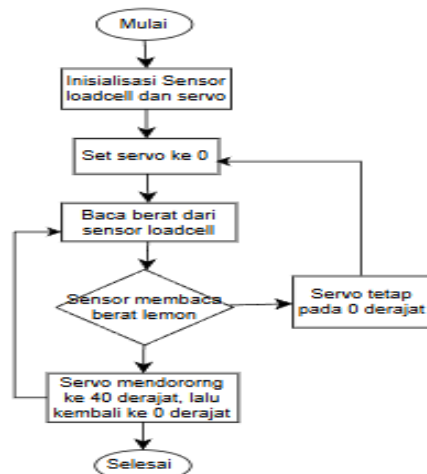
Kode ini mengendalikan motor DC konveyor menggunakan sensor *infrared avoidance*. Saat sensor mendeteksi objek (*LOW*) dan *delay* belum aktif, motor dihentikan (*motorStop()*), *flag irDelayAktif* diaktifkan, dan waktu mulai dicatat. Motor tetap mati selama 2 detik (*IR_OFF_DELAY*) untuk memberi waktu berhenti, kemudian *flag* dinonaktifkan dan motor menyala kembali. Sistem ini meningkatkan keamanan dan akurasi proses sortir otomatis. Diagram alir dari penggunaan sensor *infrared avoidance* diperlihatkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Diagram alir dari penggunaan sensor infrared avoidance

2.2.6 Perancangan Software Pendorong

Kode ini mengontrol motor servo sebagai lengan pendorong lemon. Saat load cell mendeteksi tidak ada beban (penimbangan selesai), servo bergerak dari 0° ke 45° untuk mendorong lemon ke konveyor, lalu kembali ke 0° untuk siklus berikutnya. Sistem bekerja otomatis, cepat, dan efisien tanpa intervensi manual. Diagram alir dari penggunaan motor servo sebagai lengan pendorong diperlihatkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Diagram alir dari penggunaan motor servo sebagai lengan pendorong

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Alat Ukur Berat Buah Lemon

Pengujian *load cell* dengan HX711 menunjukkan sistem mampu mengukur berat lemon secara akurat dan konsisten, dengan rata-rata hasil pengukuran 98,7 g, menandakan kalibrasi dan pengolahan sinyal berjalan baik. Tabel 11 perbandingan pengukuran *load cell* dan aktual.

Tabel 11 Pengujian alat ukur berat (*load cell*).

No. Sampel	Berdasarkan berat <i>load cell</i> (gram)	Berat Aktual (gram)	Selisih Galat (gram)	Persentase Galat (%)
1	77	80	3	3,75
2	95	97	2	2,06
3	97	95	2	2,11
4	104	100	4	4,00
5	105	102	3	2,94
6	106	100	6	6,00
7	106	102	4	3,92
8	107	106	1	0,94
9	110	112	2	1,79
10	112	118	6	5,08

Tabel 11 menunjukkan hasil kalibrasi *load cell* dengan HX711, memperlihatkan pembacaan sensor sedikit lebih rendah dari berat aktual. Rata-rata galat 3,3 g ($\approx 3,26\%$), dengan galat tertinggi 6 g dan terendah 1 g, menandakan sensor cukup akurat namun masih memerlukan kalibrasi lanjutan. Dengan regresi kalibrasi dan *averaging*, akurasi sistem sortir otomatis berbasis berat dapat ditingkatkan.

3.2 Pengujian Alat Ukur Jarak Buah Lemon

Pengujian sensor ultrasonik VL53L0X menggunakan Arduino UNO dilakukan dengan menghubungkan VCC ke 5V, GND ke *ground*, *trig* sebagai *output*, dan *echo* sebagai *input*. Arduino mengirim pulsa ke *trig*, membaca *echo*, lalu menghitung jarak objek. Objek ditempatkan pada berbagai jarak untuk mengevaluasi akurasi, dan data dianalisis dengan regresi linier. Hasil kalibrasi ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Pengujian alat ukur jarak (VL53L0X).

Sampel	Jarak Lemon Berdasarkan VL53L0X (cm)	Jarak Aktual (cm)	Selisih (cm)	Galat (%)
1	68	67,3	0,7	1,33%
2	68	67,7	0,3	0,57%
3	68	67,5	0,5	0,95%
4	68	67,3	0,7	1,33%

Sampel	Jarak Lemon Berdasarkan VL53L0X (cm)	Jarak Aktual (cm)	Selisih (cm)	Galat (%)
5	68	66,6	1,4	2,68%
6	68	66,2	1,8	3,51%
7	68	66,3	1,7	3,26%
8	68	67,8	0,2	0,37%
9	68	67,6	0,4	0,75%
10	68	67,5	0,5	0,95%
Rata-rata	-	-	0,84	1,57%

Tabel 12 menunjukkan pengukuran jarak lemon menggunakan sensor VL53L0X dibanding jarak aktual. Sensor membaca 66,2-67,8 cm, sedangkan jarak aktual 68 cm, dengan selisih 0,2-1,8 cm dan galat rata-rata 1,57%.

3.3 Pengujian Alat Ukur Posisi Buah Lemon

Pengujian sensor *infrared avoidance* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat mendeteksi keberadaan lemon di atas konveyor. Saat lemon terdeteksi oleh sensor, motor konveyor berhenti sehingga lengan robot memiliki waktu untuk melakukan proses sortir. Sebaliknya, ketika lemon tidak terdeteksi, motor konveyor tetap berjalan karena proses sortir belum dimulai dan konveyor harus terus bergerak membawa lemon berikutnya ke area sortir.

Tabel 14 Alokasi penggunaan pin *relay* pada Arduino UNO.

No. Sampel	Status Deteksi	Aksi sistem
1	1	Berhasil
2	1	Berhasil
3	1	Berhasil
4	1	Berhasil
5	1	Berhasil
6	1	Berhasil
7	1	Berhasil
8	1	Berhasil
9	1	Berhasil
10	1	Berhasil
Presentase keberhasilan		100%

Dari 10 sampel, sensor *infrared* berhasil mendeteksi lemon dan menghentikan motor konveyor secara konsisten, menunjukkan kinerja responsif dan andal dengan tingkat keberhasilan 100%.

3.4 Pengujian Alat Ukur Kecepatan Motor

Pengujian *rotary encoder* dilakukan untuk memantau hubungan antara PWM, tegangan motor, dan RPM poros. *Encoder* menghitung pulsa per putaran, sedangkan PWM dikurangi bertahap dari 255 untuk melihat pengaruhnya

terhadap tegangan maksimum, minimum, dan rata-rata, serta menentukan titik motor berhenti. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 14.

Tabel 15 Pengujian sensor rotary encoder.

PWM	Waktu rotasi 1 putaran penuh (s)	Jumlah putaran/menit	RPM
50	0,92	55	65,21
45	0,95	57	63,15
40	0,96	58	62,5
35	1,20	72	50
30	1,60	90	37,5
25	1,90	110	31,57
20	0 (diam)	0	0

Hasil Tabel 14 menunjukkan bahwa nilai PWM memengaruhi waktu putaran, RPM, dan kecepatan motor DC. Pada PWM 50, motor berputar tercepat (0,92 s/putaran, 65,21 RPM). Penurunan PWM menyebabkan putaran lebih lambat hingga PWM 20, motor berhenti (RPM = 0). Semakin besar PWM, semakin cepat motor; semakin kecil PWM, kecepatan turun atau motor berhenti. Data ini berguna untuk kalibrasi dan kontrol motor presisi.

3.5 Pengujian Pendorong

Pengujian motor servo MG996R dilakukan untuk menilai kinerja lengan pendorong lemon sepanjang 10 cm. Servo bergerak dari sudut awal 0° ke sudut dorong tertentu, dengan variasi sudut dan waktu gerak, untuk memastikan lemon berpindah ke konveyor secara tepat. Hasil pengujian tercatat pada Tabel 15.

Tabel 16 Pengujian motor servo MG996R sebagai lengan pendorong.

Percobaan ke-	Sudut referensi (°)	Sudut pendorong (°)	Durasi gerak (s)	Hasil Berpindah
1	40	39	0,8	Baik
2	40	42	0,8	Baik
3	40	38	0,8	Tidak sesuai jalur
4	40	40	0,8	Baik
5	40	41	0,8	Baik
6	40	39	0,8	Baik
7	40	37	0,8	Tidak sesuai jalur
8	40	40	0,8	Baik
9	40	40	0,8	Baik
10	40	43	0,8	Tidak sesuai jalur

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, sensor load cell dengan modul HX711 mampu mengukur massa lemon dengan galat rata-rata 3,26% sehingga layak untuk klasifikasi berat. Sensor VL53L0X memiliki *repeatability* baik pada jarak ±68 cm dengan galat 1,57% dan efektif sebagai acuan posisi berhenti konveyor. Sensor *infrared avoidance* mendeteksi objek dengan keberhasilan 100% untuk penghentian konveyor. Rotary encoder memberikan umpan balik kecepatan linier pada rentang 31,57–65,21 RPM terhadap PWM. Sementara itu, servo MG996R dengan sudut 43°–45° mencapai keberhasilan perpindahan lemon sebesar 90% sebagai aktuator sistem sortir otomatis.

Referensi

- [1] H. Setiana, N. Nuraqil, and D. Widjajanto, "Sorting warna dan sorting berat dengan pemrograman PLC untuk sorting by weight melalui pencitraan Factory I/O," *Electrices*, vol. 7, no. 1, pp. 27–36, 2025.
- [2] S. Restuasih, A. Gamayel, and R. Agustino, "Design of Arduino Uno-based automatic object sorter belt conveyor system using ultrasonic sensors," *Journal of Global Engineering Research and Science*, vol. 1, no. 1, pp. 36–44, 2022.
- [3] Y. Mukhammad, A. Santika, and S. Haryuni, "Analisis akurasi modul amplifier HX711 untuk timbangan bayi," *Medika Teknika: Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 24–28, 2022.
- [4] D. Anggreani, M. I. Nasution, and N. Nasution, "Sistem penyortir otomatis kematangan tomat berdasarkan warna dan berat dengan sensor TCS3200 dan sensor load cell HX711 berbasis Arduino Uno," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 3, pp. 374–380, 2023.
- [5] I. R. Muttaqin and D. B. Santoso, "Prototype pagar otomatis berbasis Arduino Uno dengan sensor ultrasonic VL53L0X," *Je-Unisla*, vol. 6, no. 2, pp. 41–45, 2021.
- [6] P. Darmawan, *Perancangan dan Implementasi Sistem Auto Cut-Off dengan Sensor Infrared dan Sensor Ultrasonic pada Prototype Tangga Kerja Maintenance sebagai Fungsi Proteksi Anti Tabrak*, Diss., Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia, 2024.
- [7] S. Mukharomah and G. A. Azhar, "Sistem kendali kecepatan motor DC penggerak spinner peniris minyak pada kerupuk," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 12, no. 1, pp. 181–189, 2025.
- [8] C. P. Lestari, *Rancang Bangun Alat Ukur Tinggi dan Berat Badan Menggunakan Sensor VL53L0X dan Sensor HX711*, Diss., Universitas Malikussaleh, Indonesia, 2025.

- [9] B. Taher, *Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC pada Belt Conveyor*, Diss., Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia, 2019.
- [10] A. Hanafie, D. Akhsa, A. Chintami, N. Alam, and A. Sandy, "Rancang bangun sistem konveyor penghitung telur otomatis," *ILTEK*, vol. 15, no. 1, pp. 1–4, 2020.
- [11] R. Hansza and S. I. Haryudo, "Rancang bangun kontrol motor DC dengan PID menggunakan perintah suara dan monitoring berbasis IoT," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 2, 2020.
- [12] A. S. Utama and Muhclis, *Rancang Bangun Alat Ukur Tinggi dan Berat Badan dengan Informasi BMI Menggunakan Sensor VL53L0X dan Load Cell*, Diss., Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Indonesia, 2022.
- [13] B. A. Nugroho and Y. M. Djaksana, "Implementasi mikrokontroler Arduino Uno dan multi sensor pada tempat sampah," *Scientia Sacra: Jurnal Sains, Teknologi dan Masyarakat*, vol. 2, no. 4, pp. 70–77, 2022.
- [14] A. Setiono, P. Puranto, and B. Widiyatmoko, "Pembuatan dan uji coba data logger berbasis mikrokontroler ATmega32 untuk monitoring pergeseran tanah," *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, vol. 10, no. 2, pp. 83–94, 2010.
- [15] J. Jamaludin, "Analisa perhitungan dan pemilihan load cell pada rancang bangun alat uji tarik kapasitas 3 ton," *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, 2018.