

RANCANG BANGUN SISTEM BELT CONVEYOR BERBASIS IOT DENGAN WEB MONITORING UNTUK PEMILAHAN BUAH JERUK SUNKIST BERDASARKAN BERAT

I Putu Ryan Karyndra, Made Adi Paramartha Putra, Ni Putu Noviyanti Kusuma

Teknik Informatika, Universitas Primakara
Jalan Tukad Badung No. 135, Denpasar, Bali
puturyann.k@gmail.com

ABSTRAK

Pemilahan buah jeruk sunkist berdasarkan berat merupakan langkah penting dalam menjamin kualitas dan konsistensi produk di sektor pertanian dan distribusi. Metode pemilahan manual sering kali tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem *belt conveyor* berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan *web monitoring* untuk pemilahan buah jeruk sunkist berdasarkan berat. Sistem ini menggunakan sensor load cell sebagai alat ukur berat, mikrokontroler ESP8266 sebagai unit pemrosesan utama, serta aktuator servo untuk mengarahkan buah ke jalur sortir sesuai kategori. Data hasil penimbangan dikirimkan ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan melalui *dashboard web* berbasis React secara *real-time*. Metode pengembangan yang digunakan adalah *prototyping*, yang meliputi tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik, dengan tingkat akurasi load cell mencapai *error* rata-rata 0,10%, serta tingkat keberhasilan aktuator sebesar 100% untuk servo *gate* dan 90% untuk servo *pusher* dan *sorter*. Sistem ini dinilai efektif dan efisien dalam mendukung proses pemilahan buah jeruk sunkist secara otomatis dan digital.

Kata kunci : *IoT, Belt Conveyor, Load Cell, Web Monitoring, Pemilahan Otomatis, Jeruk Sunkist*

1. PENDAHULUAN

Pada era industri modern saat ini, kebutuhan akan otomatisasi dalam proses produksi dan pengolahan hasil pertanian semakin meningkat. Salah satu proses penting dalam industri buah-buahan adalah pemilahan berdasarkan kualitas, yang meliputi ukuran, warna, dan berat [1]. Pemilahan yang baik berperan penting dalam menjaga mutu produk, meningkatkan daya saing, serta memenuhi standar pasar lokal maupun internasional.

Namun, metode pemilahan manual yang masih umum digunakan dinilai kurang efisien karena membutuhkan banyak tenaga kerja, memakan waktu, serta rentan terhadap kesalahan manusia [2]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem *belt conveyor* berbasis otomatisasi mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi pemilahan hingga lebih dari 90% [1]. Selain itu, penerapan teknologi *Internet of Things (IoT)* memungkinkan pemantauan hasil pemilahan secara *real-time* serta pengelolaan data yang lebih sistematis [3]. Meskipun demikian, sebagian besar sistem pemilah buah berbasis *IoT* masih berfokus pada aspek visual, seperti warna dan bentuk, sementara pemilahan berdasarkan berat masih relatif terbatas [2]. Padahal, berat merupakan indikator penting dalam penentuan kualitas produk untuk pasar lokal, ekspor, maupun industri pengolahan [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem pemilah buah yang mampu melakukan pengukuran berat secara akurat serta terintegrasi dengan teknologi *IoT*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem *belt conveyor* berbasis *IoT* yang dapat

melakukan pemilahan buah jeruk sunkist berdasarkan berat serta menyediakan fitur *monitoring* berbasis *web*.

Sebagai upaya penyelesaian permasalahan tersebut, sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor load cell sebagai alat ukur berat, modul HX711 sebagai penguat sinyal, serta mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat pengendali dan komunikasi data. Data hasil pemilahan dikirimkan ke database dan ditampilkan melalui antarmuka *web* berbasis JavaScript secara *real-time*. Diharapkan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan digitalisasi proses pemilahan buah, serta mendukung penerapan konsep Industri 4.0 di sektor pertanian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka disusun untuk memberikan gambaran mengenai konsep, teknologi, dan metode yang berkaitan dengan penelitian ini. Pembahasan difokuskan pada teori dan hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar dalam perancangan dan pengembangan sistem pemilahan buah jeruk sunkist berbasis *Internet of Things (IoT)*.

2.1. Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung perancangan sistem pemilahan buah jeruk sunkist berbasis *Internet of Things (IoT)*, dilakukan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu yang relevan, khususnya yang memanfaatkan *conveyor belt*, sensor berat, dan teknologi *IoT*. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui relevansi, capaian hasil, serta keterbatasan penelitian sebelumnya sebagai dasar penentuan kontribusi penelitian ini. Rangkuman hasil kajian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian terdahulu

Judul penelitian	Hasil penelitian	Relevansi	Perbedaan
<i>Automation of Fruit Sorting Process Using Conveyor Belt System</i> [1]	Otomasi pemilahan buah berbasis warna, ukuran, dan bentuk menggunakan <i>image processing</i> .	Menunjukkan efektivitas <i>conveyor belt</i> dan <i>machine vision</i> dalam meningkatkan akurasi pemilahan.	Fokus pada aspek visual, belum memper-timbang-kan berat buah.
<i>Computer Vision & IoT Based Smart Conveyor Belt Sorting System</i> [2]	Sistem menggunakan Jetson Nano dan NodeMCU untuk mendeteksi warna dan mengarahkan objek ke jalur berbeda.	Memberikan referensi integrasi <i>IoT</i> untuk <i>monitoring real-time</i> .	Berbasis warna, belum menggu-nakan param-eter berat.
<i>Internet of Things (IoT) - based Fruit Sorting Results Monitoring System</i> [3]	Sistem <i>monitoring</i> hasil <i>sorting</i> berbasis <i>deep learning</i> dan aplikasi Android.	Menunjukkan implementasi <i>monitoring</i> berbasis <i>IoT</i> secara <i>real-time</i> .	Fokus pada klasifik-asi visual, bukan berat buah.
<i>Design & Fabrication of Automatic Color & Weight-Based Sorting System on Conveyor Belt</i> [4]	Sistem <i>sorting</i> otomatis menggunakan load cell dan sensor warna berbasis Arduino.	Membuktikan kelayakan <i>sorting</i> berdasarkan berat dan warna.	Belum ter-integrasi dengan sistem <i>monitor-ing web</i> .
<i>Smart Warehouse Management System Architecture, Real-Time Implementation and Prototype Design</i> [5]	Sistem manajemen gudang berbasis <i>IoT</i> untuk pengelolaan inventaris.	Memberikan konsep integrasi <i>IoT</i> untuk pengolahan data <i>real-time</i> .	Fokus pada manaje-men gudang, bukan <i>sorting</i> buah.

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa sistem pemilahan buah berbasis *conveyor belt* dan *computer vision* telah banyak dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses pemilahan. Integrasi sistem *monitoring* berbasis *IoT* juga mulai diterapkan untuk mendukung pemantauan secara *real-time*. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada atribut visual seperti warna, ukuran, dan bentuk buah.

Beberapa penelitian telah mengombinasikan pemilahan berdasarkan berat dan warna, seperti yang dilakukan oleh [4], namun belum terintegrasi dengan sistem *monitoring* berbasis *web*. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pengembangan sistem pemilahan berbasis berat yang terintegrasi dengan *monitoring web* secara *real-time*.

2.2. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep di mana perangkat fisik dilengkapi dengan mikrokontroler, sensor, perangkat lunak, dan teknologi pendukung lainnya untuk memungkinkan konektivitas serta pertukaran data melalui jaringan internet [6]. Dengan adanya *IoT*, perangkat dapat saling berkomunikasi dan beroperasi secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung, sehingga proses *monitoring* dan pengendalian dapat dilakukan dari jarak jauh [7], [8].

Penerapan *IoT* dalam sistem industri dan pertanian telah banyak digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi, akurasi pengolahan data, serta kemudahan dalam pengambilan keputusan berbasis informasi *real-time* [8], [9]. Melalui integrasi antara perangkat keras, jaringan komunikasi, dan platform berbasis *web*, sistem *IoT* mampu menyediakan data yang terstruktur dan dapat diakses secara fleksibel oleh pengguna.

2.3. Conveyor Belt System & Motor DC

Conveyor belt merupakan sistem mekanis yang digunakan untuk memindahkan objek secara otomatis dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Teknologi ini banyak diterapkan dalam industri manufaktur, pertanian, dan logistik karena mampu meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, serta menjaga kestabilan alur produksi [10]. Pada penelitian ini, *conveyor belt* berfungsi sebagai media pengangkut buah jeruk sunkist yang akan dipilah berdasarkan berat.

Secara umum, sistem *conveyor belt* terdiri dari sabuk (*belt*), motor penggerak, rangka penyangga, dan mekanisme pemindahan beban. Dalam sistem otomatisasi ini, *conveyor* digerakkan menggunakan motor arus searah (DC motor) yang dikontrol untuk menjaga kecepatan tetap stabil agar proses penimbangan tidak terganggu.

Motor DC bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, di mana interaksi antara medan magnet dan arus listrik menghasilkan gaya putar pada rotor [11]. Motor ini dipilih karena memiliki respons yang cepat serta kecepatan yang dapat dikendalikan sesuai kebutuhan sistem. Pengaturan arah dan kecepatan putaran motor dilakukan menggunakan motor driver tipe L298N yang menerapkan konfigurasi H-Bridge, sehingga memungkinkan perubahan polaritas tegangan secara fleksibel [12].

2.4. Sensor Load Cell dan Modul HX711

Load cell merupakan sensor *transducer* yang berfungsi untuk mengubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik melalui prinsip deformasi material menggunakan *strain gauge*. Sensor ini banyak digunakan dalam sistem penimbangan digital dan pengujian beban karena memiliki tingkat sensitivitas dan akurasi yang tinggi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem load cell yang terintegrasi

dengan modul penguat mampu menghasilkan pengukuran gaya tekan yang presisi dan stabil [13].

Modul HX711 mampu memperkuat sinyal keluaran load cell dan mengonversinya menjadi data digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti ESP8266 melalui komunikasi dua pin, yaitu *clock* dan *data*. Penggunaan HX711 terbukti dapat meningkatkan stabilitas dan akurasi pembacaan berat dalam berbagai sistem berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things* [14].

Implementasi load cell yang diintegrasikan dengan modul HX711 dan mikrokontroler ESP8266 telah diterapkan pada sistem IoT nyata, seperti pada alat pemberi pakan ikan otomatis, yang menunjukkan bahwa kombinasi ini mampu melakukan pengukuran berat secara akurat dan andal dalam lingkungan operasional lapangan [15].

2.5. Mikrokontroler ESP8266 dan Motor Servo

ESP8266 merupakan modul mikrokontroler dengan konektivitas Wi-Fi yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem *Internet of Things (IoT)* [16]. Modul ini mendukung pemrograman melalui Arduino IDE, berukuran ringkas, serta mampu membaca data sensor dan mengirimkan data ke platform *cloud* secara efisien. Dalam penelitian ini, ESP8266 berperan sebagai pusat pengendali sistem pemilahan dan *monitoring* berbasis *web*.

Penerapan sistem kendali motor servo secara terintegrasi telah diteliti sebelumnya dengan menggunakan *Human Machine Interface (HMI)* sebagai media *monitoring* posisi dan sudut pergerakan servo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil dan responsif dalam mengendalikan pergerakan aktuator [17].

Motor servo merupakan aktuator elektromekanis berbasis sistem umpan balik tertutup yang dikendalikan menggunakan sinyal PWM sehingga mampu bergerak pada sudut tertentu dengan tingkat presisi yang tinggi [18]. Dalam penelitian ini, servo digunakan untuk mengarahkan buah sesuai kategori berat. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa motor servo dapat dikendalikan secara efektif menggunakan mikrokontroler untuk berbagai aplikasi otomasi sederhana [19]. Selain itu, servo MG996R memiliki torsi yang besar dan kestabilan sudut yang baik, sehingga sesuai digunakan sebagai aktuator pada sistem conveyor pemilah buah [20].

2.6. Web Monitoring

Sistem *monitoring* berbasis *web* berfungsi sebagai antarmuka untuk menampilkan data hasil pengukuran sensor IoT secara *real-time* melalui *browser*. Data dari perangkat IoT dikirim melalui jaringan internet menggunakan protokol komunikasi,

seperti MQTT atau RESTful API, kemudian disimpan pada *cloud database*, seperti Firebase Realtime Database, sebelum divisualisasikan dalam bentuk dashboard web [20].

Penggunaan Firebase Realtime Database memungkinkan sinkronisasi data secara *real-time* ke seluruh klien yang terhubung, sehingga mempercepat proses komunikasi antara perangkat IoT dan antarmuka pengguna. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dalam pemantauan melalui berbagai perangkat tanpa keterbatasan platform tertentu [14].

Integrasi sistem IoT dengan *monitoring* berbasis *web* terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional serta mendukung pengambilan keputusan melalui penyajian data yang akurat dan responsif [20]. Dalam penelitian ini, sistem *monitoring* digunakan untuk menampilkan hasil pemilahan berat buah jeruk sunkist secara *real-time* sehingga proses evaluasi dapat dilakukan secara efektif dari jarak jauh.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *prototyping* dalam perancangan dan pengembangan sistem pemilah buah jeruk sunkist berbasis IoT. Metode ini dipilih karena memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara bertahap melalui perancangan, implementasi, dan pengujian sistem.

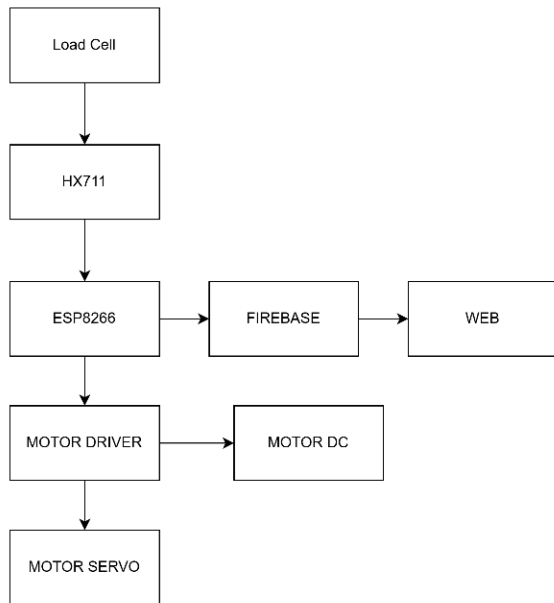
3.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan berdasarkan hasil pengumpulan data lapangan dan studi literatur. Data lapangan diperoleh melalui wawancara dengan pedagang buah untuk mengetahui kebutuhan pemilahan, jenis buah, serta rentang berat yang diminati. Studi literatur digunakan sebagai referensi teknis terkait konsep IoT, sistem conveyor, dan sensor berat.

Data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan parameter teknis sistem, meliputi penetapan kategori berat, logika pemilahan, dan pengolahan data hasil pembacaan sensor load cell.

Sistem yang dirancang terdiri atas sensor load cell yang terhubung dengan modul HX711, mikrokontroler ESP8266 sebagai pengendali utama, motor DC sebagai penggerak conveyor yang dikendalikan melalui motor driver, serta motor servo sebagai aktuator pemilah.

Data hasil pengukuran berat diproses oleh ESP8266 untuk menentukan kategori buah. Berdasarkan hasil tersebut, ESP8266 mengendalikan motor DC dan motor servo untuk mengarahkan buah sesuai jalur pemilahan. Selain itu, data pengukuran dikirimkan ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan melalui sistem *monitoring* berbasis *web*. Arsitektur sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem pemilah buah jeruk sunkist berbasis IoT

Berdasarkan Gambar 1, sistem bekerja dengan membaca berat buah menggunakan sensor load cell dan modul HX711. Data diproses oleh ESP8266 untuk mengendalikan motor DC dan servo motor, serta dikirimkan ke Firebase untuk ditampilkan pada *web monitoring*.

3.2. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas sensor load cell sebagai pendeteksi berat buah, modul HX711 sebagai penguat sinyal, mikrokontroler ESP8266 sebagai pengendali utama, motor DC sebagai penggerak *conveyor* yang dikendalikan melalui motor driver, serta servo motor sebagai aktuator pemilah. Seluruh komponen dirangkai dalam satu sistem terintegrasi untuk mendukung proses pemilahan otomatis.

Selain itu, sistem dilengkapi dengan rangkaian belt conveyor mini sebagai media pemindahan buah selama proses pengujian prototipe. Setiap komponen dipilih berdasarkan tingkat kompatibilitas, kestabilan, dan kemudahan integrasi dalam sistem IoT.

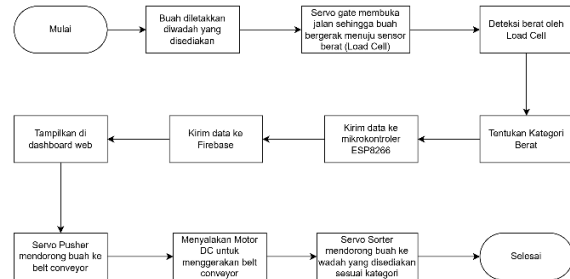
3.3. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Arduino IDE sebagai media pemrograman mikrokontroler ESP8266, Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan data berbasis *cloud*, serta sistem *monitoring* berbasis *web* sebagai antarmuka pengguna.

Selain itu, Visual Studio Code digunakan dalam proses pengembangan antarmuka *web* dan pengelolaan kode program. Seluruh perangkat lunak tersebut terintegrasi untuk mendukung proses pengolahan data, pengendalian sistem, dan visualisasi hasil pemilahan secara *real-time*.

3.4. Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem pemilahan buah jeruk sunkist berbasis IoT dirancang untuk memastikan proses pengukuran, pengolahan data, dan pemilahan berjalan secara otomatis dan terintegrasi. Alur kerja sistem secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart sistem pemilah buah jeruk sunkist berbasis IoT

Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 2, sistem dimulai dari proses buah diletakkan pada wadah yang disediakan. Ketika sistem mendeteksi bahwa nilai berat adalah 0, gate akan terbuka sehingga buah bergerak menuju sensor load cell. Selanjutnya, berat buah dibaca dan diproses untuk menentukan kategori pemilahan.

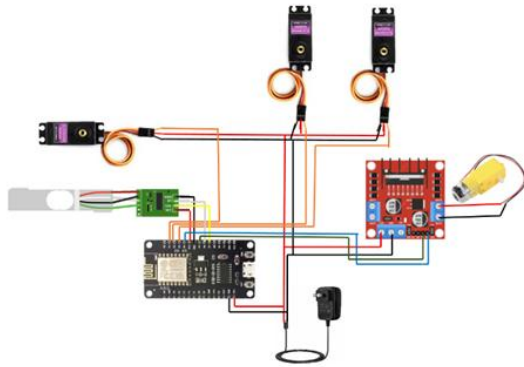
Setelah kategori ditentukan, servo motor akan mendorong buah menuju *belt conveyor*. Di ujung *conveyor*, servo motor digerakkan untuk mengarahkan buah ke sisi yang sesuai dengan kategori beratnya. Data hasil pemilahan kemudian dikirimkan oleh mikrokontroler ESP8266 ke Firebase Realtime Database.

Berdasarkan nilai berat tersebut, setiap data hasil pemilahan akan ditampilkan pada *dashboard web* untuk memudahkan proses *monitoring* oleh pengguna. Proses ini dilakukan secara berulang selama sistem dalam kondisi aktif dan terdapat buah yang diproses pada *conveyor*. Apabila sistem dihentikan, seluruh perangkat akan kembali ke kondisi awal dan proses pemilahan dihentikan.

3.5. Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan untuk memastikan seluruh komponen sistem dapat terintegrasi dan berfungsi sesuai dengan kebutuhan pemilahan buah jeruk berbasis *Internet of Things (IoT)*. Tahapan perancangan meliputi penyusunan skema koneksi perangkat keras, perancangan desain mekanik sistem, serta perencanaan konfigurasi pin pada mikrokontroler.

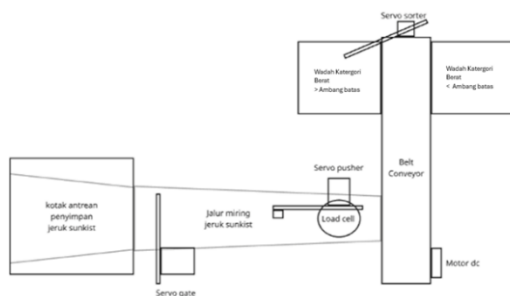
Skema koneksi perangkat keras sistem ditunjukkan pada Gambar 3. Skema ini menggambarkan hubungan antara mikrokontroler ESP8266 dengan sensor load cell, modul HX711, motor servo, motor DC, serta motor driver.



Gambar 3. Skema koneksi perangkat keras sistem pemilah buah jeruk

Berdasarkan Gambar 3, sensor load cell terhubung dengan modul HX711 sebagai penguat sinyal sebelum data diteruskan ke ESP8266. Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengendali yang menerima data sensor, mengendalikan aktuator, serta mengirimkan data ke sistem *monitoring* berbasis *web* melalui jaringan internet. Motor servo digunakan sebagai aktuator *gate*, *pusher*, dan *sorter*, sedangkan motor DC berfungsi sebagai penggerak *belt conveyor* melalui motor driver.

Desain mekanik sistem pemilah buah jeruk ditunjukkan pada Gambar 4. Desain ini menggambarkan susunan fisik komponen mulai dari wadah input buah, jalur lintasan, area penimbangan, *conveyor*, hingga wadah hasil sortir.



Gambar 4. Desain mekanik sistem pemilah buah jeruk

Berdasarkan Gambar 4, buah jeruk diletakkan pada wadah input kemudian bergerak melalui jalur miring menuju area penimbangan. Setelah proses penimbangan selesai, servo *pusher* mendorong buah ke *belt conveyor*. Selanjutnya, servo *sorter* mengarahkan buah ke wadah keluaran sesuai dengan kategori berat yang telah ditentukan. Desain ini dirancang agar alur pergerakan buah berjalan secara teratur dan meminimalkan gangguan mekanis selama proses pemilahan. Konfigurasi pin ESP8266 yang digunakan dalam sistem ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi Pin ESP8266

No	Komponen	Fungsi	Pin ESP8266
1	Servo <i>Gate</i>	Membuka & menutup jalur buah.	D1
2	Servo <i>Pusher</i>	Mendorong buah menuju <i>conveyor</i> .	D2
3	Servo <i>Sorter</i>	Mengarahkan buah ke wadah pemilahan.	D3
4	Motor Driver IN4	Kontrol arah / ON-OFF <i>conveyor</i> .	D4
5	Motor Driver IN3	Kontrol kecepatan motor <i>conveyor</i> .	D5
6	Load Cell (DOUT)	Sinyal data dari load cell.	D6
7	Load Cell (SCK)	Clock modul HX711.	D7

Berdasarkan Tabel 2, setiap pin pada ESP8266 digunakan untuk mengendalikan aktuator dan membaca data sensor secara terpisah. Pengaturan pin ini memungkinkan sistem bekerja secara terkoordinasi dalam proses pembacaan data, pemrosesan, dan pemilahan buah secara terintegrasi.

3.6. Metode Pengujian

Metode pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem pemilah buah jeruk berbasis *IoT*, khususnya pada akurasi pengukuran berat dan kestabilan sistem setelah proses kalibrasi.

Pengujian sensor load cell diawali dengan proses kalibrasi menggunakan benda referensi yang memiliki berat diketahui berdasarkan spesifikasi resmi pabrikan. Nilai berat tersebut digunakan sebagai acuan dalam penentuan faktor kalibrasi pada modul HX711 hingga hasil pembacaan mendekati nilai sebenarnya.

Setelah proses kalibrasi, sensor diuji kembali menggunakan beberapa benda lain yang berbeda dari benda referensi. Hasil pengukuran dicatat dan dianalisis untuk mengetahui tingkat kesalahan pengukuran. Berdasarkan pengujian berulang, diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar $\pm 0,10\%$, yang menunjukkan tingkat akurasi yang baik.

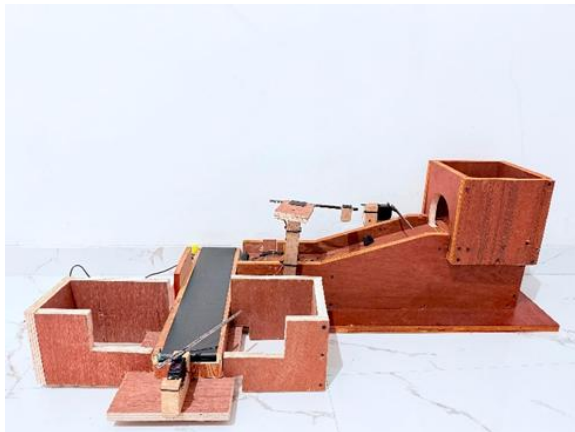
Selain pengujian sensor, pengujian sistem juga dilakukan dengan mengamati proses pemilahan dan pengiriman data ke Firebase Realtime Database. Sistem dinyatakan berjalan dengan baik apabila hasil pemilahan sesuai dengan kategori berat dan data dapat ditampilkan pada *dashboard web* tanpa kehilangan informasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil pengujian sistem pemilah buah jeruk sunkist berbasis *IoT* yang telah dikembangkan, meliputi pengujian akurasi sensor, kinerja sistem pemilahan, serta analisis hasil pengujian.

4.1. Hasil Perancangan Alat

Hasil perancangan alat berupa prototipe sistem pemilah buah jeruk berbasis *Internet of Things (IoT)* yang direalisasikan sesuai dengan rancangan pada Bab III. Prototipe dibangun dengan mengintegrasikan sensor load cell, modul HX711, mikrokontroler ESP8266, motor servo, motor DC, motor driver, serta rangka mekanik *belt conveyor*. Bentuk fisik prototipe sistem pemilah buah jeruk ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Prototipe sistem pemilah buah jeruk berbasis IoT

Berdasarkan Gambar 5, seluruh komponen telah terpasang dan terintegrasi dalam satu sistem. Sensor load cell ditempatkan pada area penimbangan, motor servo digunakan sebagai aktuator *gate*, *pusher*, dan *sorter*, sedangkan motor DC berfungsi sebagai penggerak *conveyor*. ESP8266 berperan sebagai pusat pengendali dan penghubung ke sistem *monitoring* berbasis *web*.

Prototipe ini dirancang untuk mendukung proses pengujian dan evaluasi kinerja sistem, baik dari sisi akurasi sensor, keandalan aktuator, maupun integrasi sistem secara keseluruhan.

4.2. Hasil Pengujian Sensor Load Cell

Pengujian sensor Load Cell dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran berat setelah proses kalibrasi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan berat aktual benda uji yang diketahui. Hasil pengujian sensor Load Cell ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Load Cell

No	Berat Refrensi (g)	Benda	Hasil Sensor (g)	Error (%)
1	189.5	Uji	189.2	0.16%
1	189.5	HP	189.2	0.16%
2	227	HP	227.2	0.09%
3	301.8	Jeruk Sunkist	302.1	0.10%
4	174	HP	174.2	0.12%

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar $\pm 0,10\%$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor Load Cell memiliki tingkat akurasi yang baik dan layak digunakan dalam sistem pemilahan buah jeruk sunkist.

4.3. Hasil Pengujian Aktuator Servo Motor

Pengujian aktuator servo motor dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan sistem dalam menjalankan proses pemilahan buah secara otomatis. Pada penelitian ini digunakan tiga buah servo motor, yaitu servo *gate*, servo *pusher*, dan servo *sorter*, yang masing-masing memiliki fungsi berbeda dalam alur kerja sistem.

Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali percobaan pada setiap servo dengan mengamati tingkat keberhasilan dan kegagalan dalam menjalankan tugasnya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Aktuator Servo Motor

Jenis Servo	Servo Gate	Servo Pusher	Servo Sorter
Jumlah Percobaan	20	20	20
Keberhasilan	20	18	18
Kegagalan	0	2	2
Error (%)	0	10	10

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa servo *gate* memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100% karena mekanisme gerakannya sederhana dan beban yang relatif ringan. Sementara itu, servo *pusher* dan servo *sorter* memiliki tingkat keberhasilan sebesar 90%, dengan kegagalan yang umumnya disebabkan oleh posisi buah yang tidak ideal saat proses pendorongan dan penyortiran berlangsung.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa aktuator servo motor mampu bekerja secara stabil dan cukup andal dalam mendukung sistem pemilahan buah jeruk sunkist berbasis IoT. Tingkat kegagalan yang terjadi lebih dominan dipengaruhi oleh faktor mekanik buah, bukan oleh kinerja aktuator itu sendiri.

4.4. Hasil Pengujian Sistem Pemilahan

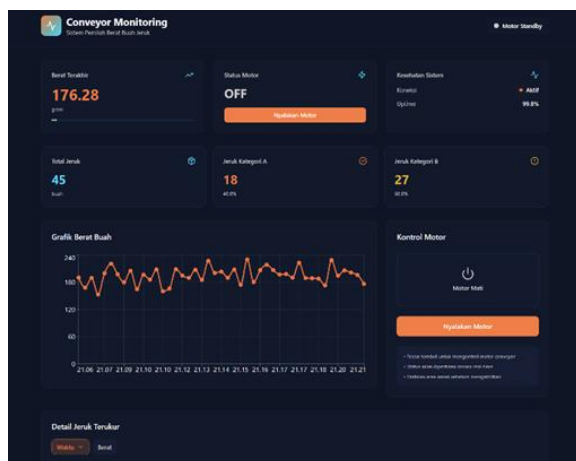
Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem mulai dari proses pembacaan berat, pemilahan, hingga penyimpanan data pada sistem *monitoring* berbasis *web*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terintegrasi.

Pengujian dilakukan dengan menjalankan sistem menggunakan beberapa sampel buah jeruk sunkist dengan berat yang berbeda. Setiap sampel diproses melalui tahap penimbangan, pemilahan, serta pengiriman data ke *database*. Hasil pengujian sistem ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sistem Pemilahan Keseluruhan

Sampel	Berat (g)	Kategori	Hasil	Kesesuaian
Jeruk 1	176.28	Ringan	Ringan	Sesuai
Jeruk 2	195.83	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 3	201.28	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 4	206.1	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 5	194.42	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 6	228.74	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 7	173.02	Ringan	Ringan	Sesuai
Jeruk 8	187.85	Ringan	Ringan	Sesuai
Jeruk 9	188.74	Ringan	Ringan	Sesuai
Jeruk 10	189.24	Ringan	Ringan	Sesuai
Jeruk 11	222.88	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 12	190.11	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 13	198.07	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 14	197.05	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 15	206.92	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 16	218.41	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 17	206.52	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 18	180.37	Ringan	Ringan	Sesuai
Jeruk 19	230.02	Berat	Berat	Sesuai
Jeruk 20	174.46	Ringan	Ringan	Sesuai

Berdasarkan Tabel 5, sistem mampu melakukan proses pemilahan dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Data hasil pengukuran dan klasifikasi buah berhasil dikirimkan oleh mikrokontroler ESP8266 ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan pada *dashboard web* secara *real-time*. Tampilan sistem *monitoring* berbasis *web* ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6. Tampilan *dashboard monitoring* sistem

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa sistem mampu menampilkan informasi berat buah, kategori pemilahan, serta waktu pemrosesan secara akurat. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras, sistem komunikasi *IoT*, dan *platform web* telah berjalan dengan baik.

Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa sistem pemilah buah jeruk sunkist berbasis *IoT* yang dirancang mampu bekerja secara optimal dan dapat digunakan sebagai media *monitoring* jarak jauh yang efektif.

4.5. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pemilah buah jeruk sunkist berbasis *IoT* menunjukkan kinerja yang baik dalam proses penimbangan, pemilahan, dan pengiriman data. Sensor load cell yang telah dikalibrasi menghasilkan tingkat kesalahan rendah, sehingga data berat dapat digunakan secara andal sebagai dasar klasifikasi buah.

Pengujian motor servo menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemilahan secara otomatis dengan tingkat keberhasilan tinggi. Kegagalan yang terjadi umumnya disebabkan oleh posisi buah yang kurang ideal, sehingga lebih dipengaruhi oleh faktor mekanik. Integrasi antara sensor, ESP8266, sistem *IoT*, dan *platform monitoring* berbasis *web* juga berjalan stabil, dengan data ditampilkan secara *real-time*.

Secara keseluruhan, prototipe telah mampu menjalankan fungsi utama dengan baik. Namun, masih terdapat keterbatasan pada aspek mekanik, kapasitas *conveyor*, dan kestabilan jaringan internet. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya perlu difokuskan pada peningkatan desain mekanik dan optimasi sistem komunikasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem *belt conveyor* pemilah buah jeruk sunkist berbasis *IoT* dapat bekerja secara otomatis dan terintegrasi dengan baik. Sistem yang terdiri atas sensor load cell, modul HX711, ESP8266, motor DC, servo motor, serta *monitoring* berbasis *web* mampu melakukan proses penimbangan, pemilahan, dan pengiriman data secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik, ditunjukkan oleh rata-rata *error* sensor sebesar 0,10% serta tingkat keberhasilan aktuator mencapai 100% pada servo *gate* dan 90% pada servo *pusher* dan servo *sorter*. Integrasi dengan Firebase dan *dashboard web* juga berjalan stabil sehingga mendukung pemantauan jarak jauh secara efektif. Meskipun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan pada aspek mekanik dan ketergantungan terhadap jaringan internet, sehingga penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan desain mekanik, optimasi jalur *conveyor*, keamanan sistem *cloud*, serta pengujian dalam skala lebih besar guna meningkatkan keandalan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jangam, M.D.D., 2023. Automation of fruit sorting process using conveyor belt system. *International Journal of Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(6), pp.2630–2635.
- [2] More, S.J., 2024. Computer vision and IoT based smart conveyor belt sorting system. *International Journal of Engineering Research and Technology*. Available at: <http://www.ijert.org>
- [3] Ardana, I.W.R., Suardani, L.G.P., Wardana, I.N. and Putra, I.G.P.M.E., 2024. Internet of Things

- (IoT)-based fruit sorting results monitoring system. Proceedings of International Conference, pp.664–671.
- [4] Nuva, T.J., Ahmed, M.I. and Mahmud, S.S., 2022. Design and fabrication of automatic color and weight-based sorting system on conveyor belt. *Journal of Integrated and Advanced Engineering*, 2(2), pp.147–157.
- [5] Khan, M.G., Ul Huda, N. and Uz Zaman, U.K., 2022. Smart warehouse management system: architecture, real-time implementation and prototype design. *Machines*, 10(2).
- [6] Prawiyogi, A.G. and Anwar, A.S., 2023. Perkembangan Internet of Things (IoT) pada sektor energi: systematic literature review. *Jurnal Mentari*, 1(2), pp.187–197.
- [7] Khang, A., Abdullayev, V., Hahanov, V., and Shah, V., 2023. *Advanced IoT Technologies and Applications in the Industry 4.0 Digital Economy*. Elsevier, London.
- [8] Leza, M.A.A., Satwika, I.P.S. and Kom, M., 2022. Penerapan sparing dalam menunjang implementasi smart city di Kota Denpasar. Available at: <https://ojs.unud.ac.id>
- [9] Putra, M.A.P., Kim, D.S. and Lee, J.M., 2022. Adaptive LRFU replacement policy for named data network in industrial IoT. *ICT Express*, 8(2), pp.258–263.
- [10] Rospawan, A., Simatupang, J.W. and Purnama, I., 2022. IoT application for conveyor motor load current and temperature monitoring device. *Jurnal ELTIKOM*, 6(2), pp.152–162.
- [11] Fahnun, B.U. and Pangestu, R., 2022. Sistem remote kontrol pada robot mobil via web berbasis Raspberry Pi. *JUIT*, 1(2).
- [12] Soedjarwanto, N., Fauzi, R., Setiawan, I. and others, 2023. Pengendalian kecepatan motor DC menggunakan buck-boost converter berbasis IoT. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3).
- [13] Annisa, M.N., Fadilla, F.N., Luthfi, M., Hidayat, S. and Rosalia, C.A., 2025. Proceedings of the 16th Industrial Research Workshop and National Seminar. Bandung.
- [14] Putra, N.A.A.K., 2025. Monitoring dan pemberian pakan ikan lele otomatis berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Komtika*, 9(2), pp.214–229.
- [15] Yadnya, I.G.D.A., Putra, I.G.J.E. and Purnama, I.N., 2023. Implementasi sistem monitoring berbasis IoT. *STMIK Banjarbaru*, 19, pp.411–424.
- [16] Abdullah, S., Fauzi, R. and Setiawan, I., 2024. Membangun sistem IoT sederhana pengendalian LED menggunakan ESP8266. *Dinamika*, 2(1), pp.36–41.
- [17] Dames, F. and Yanto, D.T.P., 2022. Sistem kendali dan monitoring kecepatan motor servo berbasis Human Machine Interface. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(2), pp.487–495.
- [18] Lesmana, K., 2025. Prototipe penggunaan motor servo untuk dispenser otomatis. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(2).
- [19] Hakim, L., Nasution, T.I. and Geanita, E., 2023. Design and regression analysis of solar tracker. *Journal of Physics: Conference Series*.
- [20] Baskara, I.B.G., Paramartha Putra, M.A., Permana, P.T.H., Wijaya, I.N.Y.A. and Putra, I.G.J.E., 2025. Implementation of IoT in water quality monitoring system. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 4(3), pp.297–316.