

PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM *TRACEABILITY* BERBASIS *BARCODE* UNTUK IDENTIFIKASI PRODUK PADA PROTOTIPE MESIN PEMILAH DENGAN KONTROL PLC

Ilham Aldiansyah^{*1}, Suratun², Joki Irawan³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor Jl.KH Soleh Iskandar Km 2, Bogor, Kode Pos 16164 alilham1407@gmail.com

ABSTRAK

Dalam industri yang berkembang saat ini diperlukan sistem traceability untuk mengurangi kesalahan pada saat distribusi dilakukan, sistem traceability mempercepat kemungkinkan untuk melacak akar penyebab masalah dengan memeriksa jejak setiap tahap dari proses atau produk. Agar traceability dapat diterapkan secara konsisten, maka semua pihak yang terlibat dalam rantai suplai dan produksi harus melakukan pencatatan (informasi dan koleksi data) tentang hal-hal yang telah ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bentuk fisik prototipe mesin pemilah produk dengan sistem *traceability*, mengukur kinerja sistem *traceability* pada prototipe, dan menyusun serta mengintegrasikan sistem *traceability* yang memungkinkan akses data online untuk pemantauan, pelaporan, dan analisis kinerja. Prototipe mesin ini menggunakan sensor *load cell* dan *barcode scanner* yang terkalibrasi untuk memastikan akurasi pembacaan nilai digital. Kalibrasi sensor *load cell* dilakukan dengan membandingkan nilai beban yang terukur pada timbangan digital dengan nilai yang dikonversi dari sensor, menggunakan regresi linear untuk menentukan akurasi. Kalibrasi sensor *barcode* melibatkan validasi data yang terbaca oleh sensor dan disimpan pada *human machine interface*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai akurasi sensor *load cell* yang tinggi dengan rata-rata kesalahan sekitar 0.004 kg dan standar deviasi rendah, menandakan presisi dan konsistensi pengukuran. Pengujian *barcode scanner* menunjukkan bahwa sensor berfungsi tanpa kesalahan, menandakan bahwa kalibrasi telah berhasil. Prototipe mesin pemilah produk berhasil diimplementasikan dengan sistem traceability yang efektif, meningkatkan efisiensi pelacakan produk serta memastikan akurasi dan konsistensi data. Sistem ini juga menyediakan akses data *online* untuk pemantauan dan analisis kinerja secara *real-time*.

Kata Kunci : Sistem *Traceability*, Prototipe Mesin Pemilah Produk, Kalibrasi Sensor, Sensor *load cell*, *Barcode Scanner*.

ABSTRACT

In the rapidly growing industry today, a traceability system is required to reduce errors during distribution. A traceability system accelerates the ability to trace the root cause of problems by examining the trace of each stage of the process or product. For traceability to be consistently implemented, all parties involved in the supply chain and production must record (information and data collection) the specified details. This research aims to obtain a physical prototype of a product sorting machine with a traceability system, measure the performance of the traceability system in the prototype, and design and integrate a traceability system that allows online data access for monitoring, reporting, and performance analysis. This machine prototype uses calibrated load cell sensors and barcode scanners to ensure the accuracy of digital readings. The load cell sensor calibration is done by comparing the measured load value on the digital scale with the value converted from the sensor, using linear regression to determine accuracy. The barcode sensor calibration involves validating the data read by the sensor and stored on the human-machine interface. The test results show that the load

cell sensor accuracy is high, with an average error of around 0.004 kg and low standard deviation, indicating precise and consistent measurements. The barcode scanner test shows that the sensor operates without error, indicating that the calibration was successful. The product sorting machine prototype has been successfully implemented with an effective traceability system, improving product tracking efficiency while ensuring accuracy and data consistency. This system also provides online data access for real-time performance monitoring and analysis.

Keywords : Traceability System, Product Sorting Machine Prototype, Sensor Calibration, Load Cell Sensor, Barcode Scanner.

I. PENDAHULUAN

Dalam industri yang berkembang saat ini diperlukan sistem *traceability* untuk mengurangi kesalahan pada saat distribusi dilakukan, sistem *traceability* mempercepat kemungkinkan untuk melacak akar penyebab masalah dengan memeriksa jejak setiap tahap dari proses atau produk. Agar *traceability* dapat diterapkan secara konsisten, maka semua pihak yang terlibat dalam rantai suplai dan produksi harus melakukan pencatatan (informasi dan koleksi data) tentang hal-hal yang telah ditentukan [1]. Salah satu keberadaan sistem, yaitu prototipe mesin pemilah produk yang dimodifikasi dengan menambahkan sensor *barcode* dan penerapan sistem *traceability*. Berdasarkan hal itu, maka informasi data dapat dipantau dan dioperasikan dari jarak jauh menggunakan teknologi *Internet of Things* (IOT). Alat serupa sudah pernah diuji coba di PT Astra Daihatsu Motor-Engine Plant, yaitu membuat sistem *traceability* yang digunakan untuk melacak dan mencatat nomor *engine* dan *crankshaft*. Sistem *traceability* ini menggunakan teknologi *barcode scanner* yang dikendalikan dengan menggunakan *Programmable Logic Control (PLC)*, untuk menghubungkan antara *scanner* dengan komponen pada PLC menggunakan teknologi komunikasi *modbus*. Data hasil *scanning* dengan format csv file yang disimpan pada memory card [2], sedangkan pada alat yang sedang dirancang saat ini yaitu penerapan sistem *traceability* pada prototipe mesin pemilah produk yang digunakan untuk melacak serta mencatat nilai berat dan nomor *barcode* pada setiap produk. Data ini kemudian dapat disimpan dalam bentuk csv file yang dapat diakses menggunakan *smartphone/laptop* melalui jaringan internet.

Sistem *traceability* adalah keseluruhan data dan operasi yang mampu memelihara informasi yang diinginkan mengenai produk dan komponennya melalui semua bagian dari rantai produksi dan pemanfaatannya (ISO 2007). Sistem *traceability* merekam dan mengikuti proses produksi sebuah produk dan asal material yang didapatkan dari pemasok yang diproses dan didistribusikan sebagai produk akhir (ISO 2005) [3]. *Traceability* memiliki karakteristik, yaitu dapat mengidentifikasi dan mencatat informasi kapan dan di mana semua bahan dan produk dipindahkan atau diubah dalam *unit* atau *batch*. Selain itu, *traceability* juga menghubungkan data dan mengirimkan semua informasi penelusuran yang terkait dengan produk ke tahap pemrosesan berikutnya.

PLC adalah komputer elektronik yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dengan tingkat kesulitan yang beraneka ragam. PLC juga menawarkan kemudahan dalam pemrograman, implementasi, perawatan, *troubleshooting* dan modifikasi program dan dapat melakukan perekaman proses kerja alat. Proses yang dikontrol PLC dapat berupa regulasi variabel secara berkesinambungan seperti sistem analog atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (on/off) [4]. Bentuk fisis PLC ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Fisis PLC Schneider TM221CE40R

Arduino UNO adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P terpadu dengan dilengkapi 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Arduino UNO dilengkapi juga dengan 16 Mhz untuk penggunaan relatif sederhana cukup menghubungkan power dari USB ke PC atau Laptop / melalui jack DC dengan adaptor 5-12 VDC[5]. *Human Machine Interface (HMI)* adalah sebuah perangkat atau teknologi antarmuka yang menjadi penghubung antara pengguna (manusia) dan mesin. Selain berfungsi sebagai alat pengendali, HMI juga berfungsi sebagai alat yang menampilkan data dan proses yang digunakan pengguna untuk mengatur dan memonitoring kerja mesin. Untuk membuat HMI lebih mudah digunakan oleh pengguna, teknologi layar sentuh (*Touch Screen*) telah digunakan di lingkungan industri saat ini. HMI sebelumnya hanya dapat digunakan pada layar komputer, jadi harus terhubung ke komputer jika digunakan [6].

Internet of things merupakan sistem yang dilengkapi dengan sensor dan *software* untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan berbagi data melalui perangkat lain yang terhubung ke internet [7]. Komunikasi tanpa batas bisa dilakukan pada setiap orang, proses, dan juga benda. Dengan adanya komputasi berbiaya rendah, *cloud*, *big data*, *analytic*, dan teknologi seluler, maka semua *device* bisa berbagi dan juga mengumpulkan data. Sebagai pengguna manusia hanya akan terlibat sedikit dalam proses pelaksanaannya. Di dunia yang sudah saling terhubung seperti saat ini, sistem digital mampu memantau, merekam, dan juga menyesuaikan seluruh interaksi antar berbagai hal yang terhubung [8].

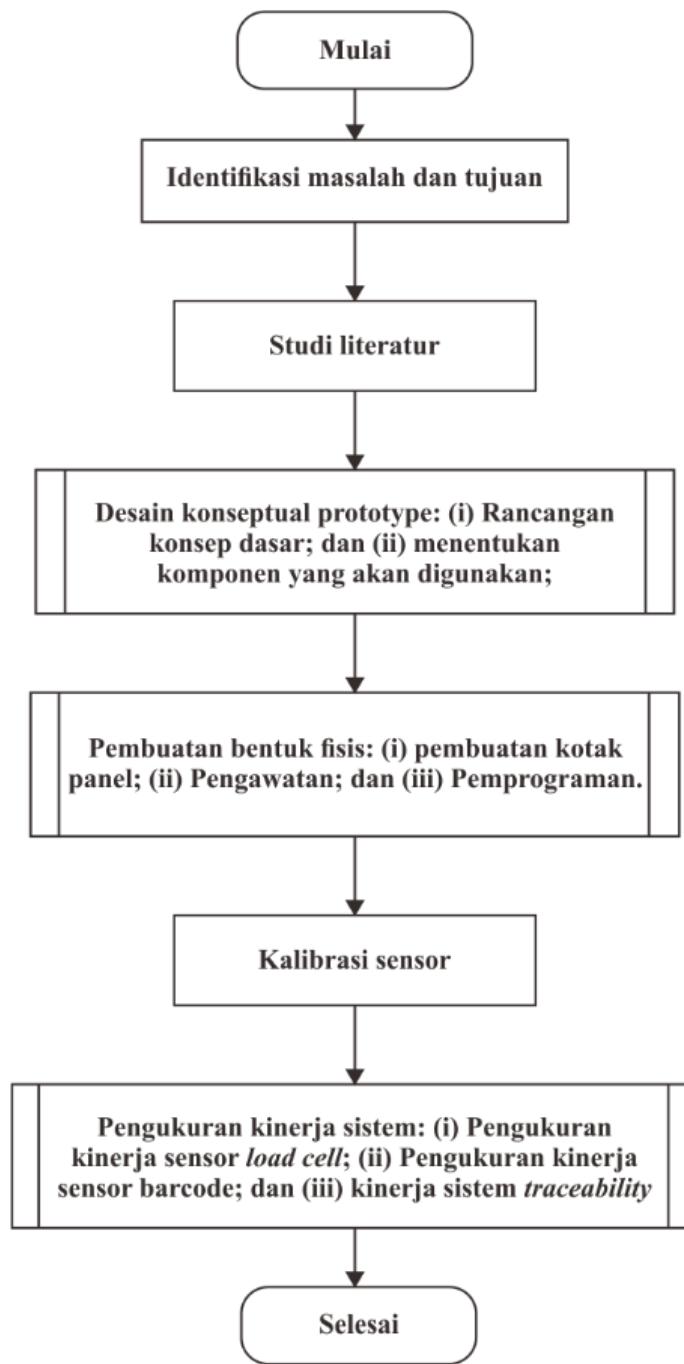
Haiwell Cloud adalah platform *cloud* IOT lintas platform yang dapat digunakan pada PC, iPad, Android, IOS dan terminal lainnya. *Haiwell Cloud* ini dapat diakses dari jarak ribuan mil, dan dapat melakukan pemantauan, pemrograman dan pemeliharaan dari jarak jauh untuk HMI dan PLC. Komunikasi yang digunakan yaitu enkripsi SSL 128-bit, dengan transfer data yang stabil dan aman. *Haiwell Cloud* ini menggunakan mekanisme perlindungan A-key dan B-Key untuk memungkinkan akses jarak jauh yang aman ke perangkat [9].

Load cell adalah tranduser yang digunakan untuk mengubah tekanan menjadi sinyal elektrik. *Load cell* dapat memberikan pengukuran yang akurat dari gaya dan beban. *Load cell* digunakan untuk mengkonversikan regangan pada logam ke data dalam variabel [10]. *Load cell* yang dipakai dalam Tugas Akhir ini memiliki kapasitas berat maksimum 5kg. Tetapi dalam perancangan tugas akhir ini dibuat beban maksimal 3 kg.

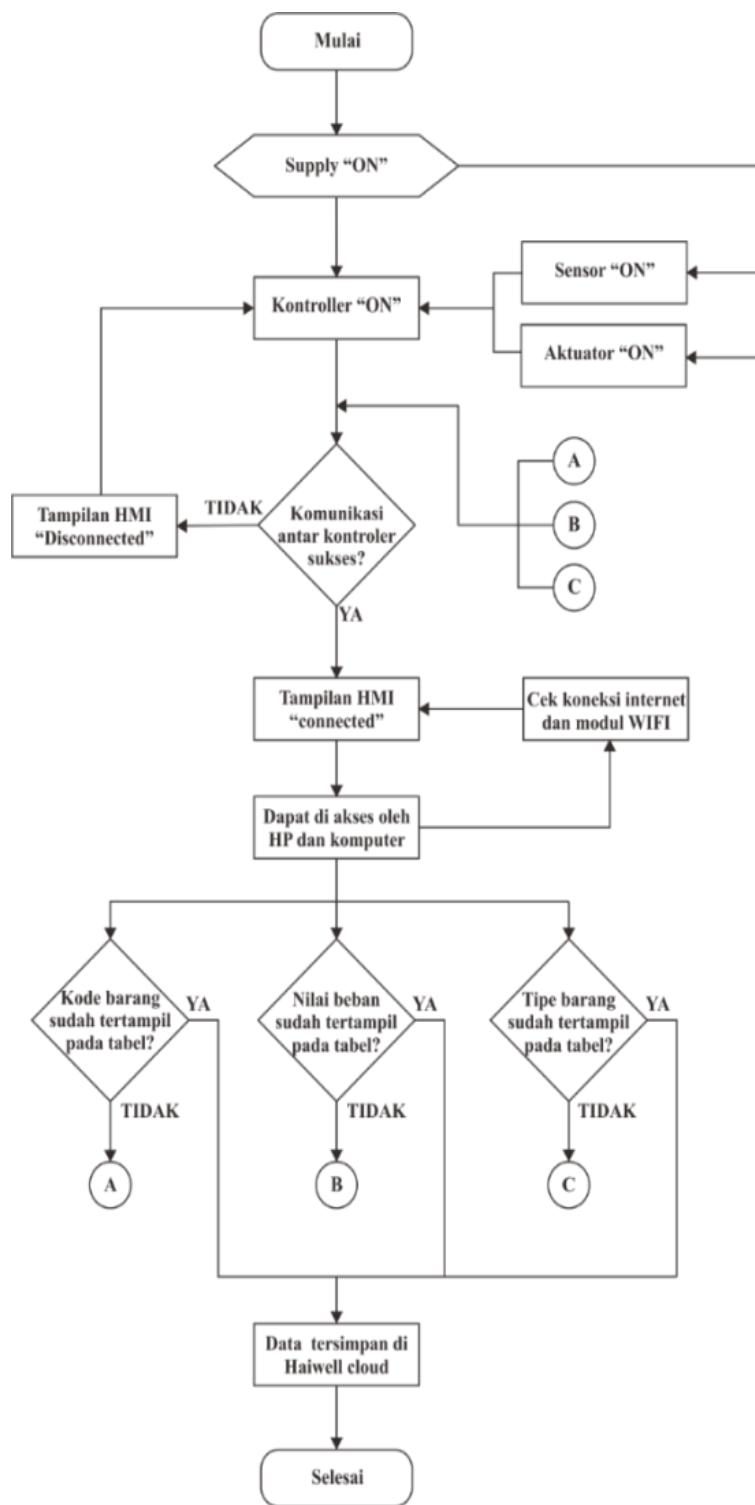
II. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Sejumlah alat yang dibutuhkan pada penelitian ini sebagai dukungan terhadap sejumlah tahapan proses yang ada pada metode penelitian, agar diperoleh sasaran penelitian melalui sejumlah batasan masalah. Diagram alir penelitian dalam merancang sistem *traceability* pada prototipe mesin pemilah produk berdasarkan berat, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Algoritma pemrograman sistem prototipe

B. Kalibrasi

Pengertian kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu telusuri ke standar nasional untuk satuan ukuran dan atau internasional. Keluaran sensor yang memiliki karakteristik linier dapat dibandingkan dengan nilai standar melalui kalibrasi, dan hasil

kalibrasi dapat digunakan untuk mengubah keluaran sensor menjadi nilai standar. Nilai tegangan, yang merupakan keluaran sensor, dikonversi ke nilai standar melalui perhitungan regresi linear yang dihasilkan oleh teknik statistika ini, yang mengukur korelasi antara variabel tetap (nilai standar) dan variabel bebas (nilai tegangan). Berikut adalah contoh persamaan regresi linear [11].

$$Y = bX + a \quad (1)$$

C. Pemrograman Sistem Kontrol dan Mikrokontroler Untuk membuat konsep dasar implementasi sistem

traceability menggunakan teknologi barcode, aplikasi Cloud SCADA, serta perangkat HMI dan PLC, algoritma pemrograman prototipe identifikasi pada sistem *traceability* dapat dilihat pada gambar 3.Keterangan :

Y = Variable tetap

X = Variable bebas

a = Konstanta

b_1 = Koefisien regresi/kemiringan

$n \equiv$ Jumlah data

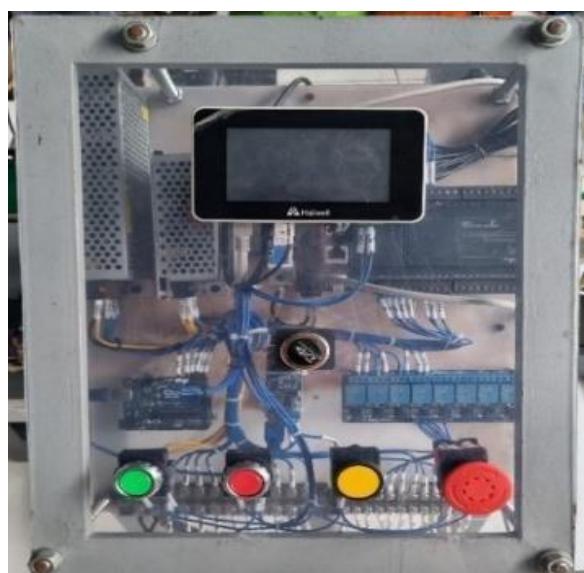
dimana nilai a dan b dapat dihitung :

$$b = n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bentuk Fisis Prototipe

Prototipe ini memiliki komponen seperti PLC, *Power Supply*, MCB, Arduino, *Step down converter*, dan *Relay* yang terpasang di dalam satu kotak panel. Pada tampilan bagian depan terdapat komponen seperti HMI, *Selector switch*, *Push button start*, *Push button stop*, *Push button reset*, dan *Push button emergency stop*. Pada bagian *conveyor* terdapat tiga sensor *infra red*, satu sensor *barcode*, empat *micro switch*, dan empat motor servo. Adapun hasil pembuatan bentuk fisis pada prototipe seperti perakitan komponen-komponen dan pengawatan pada panel kontrol, terlihat pada Gambar 4, dan Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 4. Bentuk fisis panel kontrol



Gambar 5. Bentuk fisis prototipe

B. Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor *load cell* bertujuan untuk memastikan bahwa alat tersebut memberikan hasil pengukuran yang tepat dan konsisten dengan standar yang telah ditentukan. Metode yang digunakan dalam kalibrasi sensor ini adalah perbandingan langsung antara pembacaan nilai beban pada *load cell* dengan timbangan digital SF-400 sebagai alat referensi.

Titik ukur untuk pengujian nilai beban yang digunakan dalam pengujian berkisar 0 Kg hingga 1,2 Kg. Data kalibrasi sensor menunjukkan bahwa hasil perhitungan rata-rata selisih antara pengukuran nilai beban pada sensor dan alat ukur adalah 0,036 Kg. Karena selisih pengukuran pada setiap beban berbeda, maka dilakukan penyesuaian pada program dengan menambahkan perhitungan menggunakan metode regresi linier sederhana yang akan di tampilakan pada hasil pengukuran sensor *load cell*, data kalibrasi akan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan data sensor dengan alat ukur

No	Alat ukur (Kg)	Sensor <i>load cell</i> (Kg)	Selisih (Kg)
1.	0,00	0,00	0,00
2.	0,10	0,10	0,00
3.	0,20	0,21	0,01
4.	0,30	0,32	0,02
5.	0,40	0,42	0,02
6.	0,60	0,64	0,04
7.	0,64	0,68	0,04
8.	0,68	0,72	0,04
9.	0,76	0,81	0,05
10.	0,80	0,85	0,05
11.	0,90	0,96	0,06
12.	1,00	1,06	0,06
13.	1,26	1,34	0,08
Rata-rata selisih			0,036

Perhitungan data hasil pengukuran dilakukan berdasarkan tabel 1. dengan menggunakan

perbandingan dua sample data dari pengukuran dengan persamaan sebagai berikut:

Tabel 2. Data perhitungan kalibrasi

Sensor (Kg)	Alat ukur (Kg)	X^2	$X.Y$
0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,10	0,01	0,01
0,21	0,20	0,04	0,04
0,32	0,30	0,09	0,09
0,42	0,40	0,16	0,16
0,64	0,60	0,36	0,38
0,68	0,64	0,41	0,43
0,72	0,68	0,46	0,48
0,81	0,76	0,57	0,61
0,85	0,80	0,64	0,68
0,96	0,90	0,81	0,86
1,06	1,00	1,00	1,06
1,34	1,26	1,58	1,69
$\sum y = 8,11$	$\sum X = 7,64$	$\sum X^2 = 6,1472$	$\sum X \cdot y = 6,5328$

Digunakan persamaan 2 untuk mencari nilai b ,

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{13(6,5328) - (7,64)(8,11)}{13(6,1472) - (7,64)^2}$$

$$b = 0,9380$$

Setelah didapat nilai b selanjutnya mencari nilai a , dengan persamaan 3 sebagai berikut:

$$a = \frac{1}{n} \sum y - b \frac{1}{n} \sum x$$

$$a = \frac{1}{13} 8,11 - 0,9380 \frac{1}{13} 7,64$$

$$a = 0,0025$$

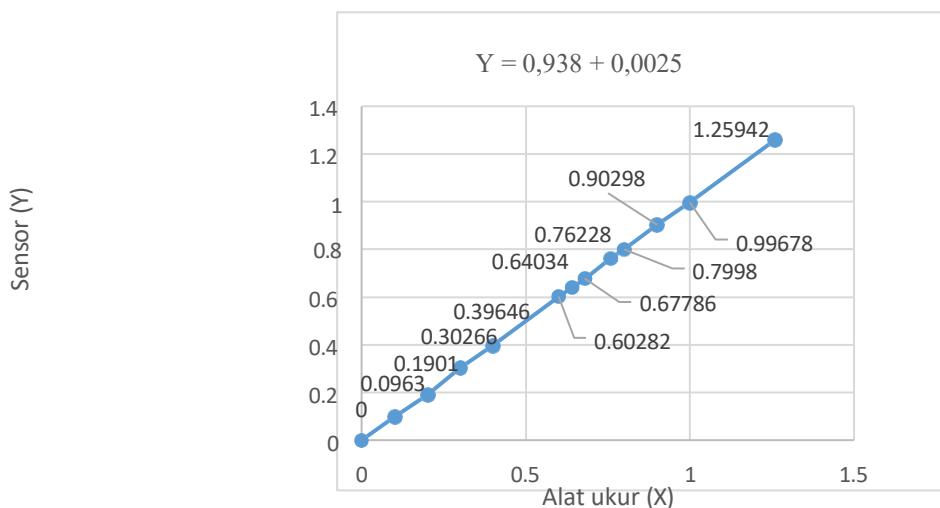
Setelah dihitung menggunakan persamaan regresi linear didapat hasil persamaan $Y = 0,9380X + 0,0025$. Data hasil pengukuran setelah dilakukan kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengukuran setelah dilakukan kalibrasi

No	Alat ukur (Kg)	Sensor <i>load cell</i> (Kg)	Selisih (Kg)
1.	0,00	0,00	0,00
2.	0,10	0,09	0,01

3.	0,20	0,19	0,01
4.	0,30	0,30	0,00
5.	0,40	0,39	0,01
6.	0,60	0,60	0,00
7.	0,64	0,64	0,00
8.	0,68	0,67	0,01
9.	0,76	0,76	0,00
10.	0,80	0,79	0,01
11.	0,90	0,90	0,00
12.	1,00	0,99	0,01
13.	1,26	1,25	0,01
Rata-rata selisih			0,002

Grafik diagram pencar hasil perhitungan menggunakan persamaan regresi linear ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik diagram pencar perhitungan regresi linear

Dari grafik persamaan linear pada Gambar 6. dapat dilihat bahwa nilai persamaan regresi linearnya adalah $Y=0,938X - 0,0025$ dimana nilai persamaan tersebut dimasukan kedalam pemrograman sistem dalam pembacaan nilai beban pada sensor *load cell*. Adapun, persamaan regresi linear berfungsi sebagai alat matematis yang menghubungkan pembacaan sensor dengan nilai beban yang sebenarnya, meningkatkan akurasi dan keandalan pengukuran sensor.

C. Kalibrasi Sensor Barcode

Metode yang digunakan dalam kalibrasi adalah dengan pengambilan sample data *scanner* yang sudah dibuat dan dibandingkan dengan hasil sensing sensor. Setelah *scanner* sudah di *setting* dengan parameter pembacaan USB *mouse/keyboard*, maka *scanner* sudah bisa digunakan untuk pengujian. Data pengujian sensor ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data pengujian sensor *barcode scanner*

NO	HASIL SENSING	SAMPLE BARCODE	NO.	HASIL SENSING	SAMPLE BARCODE
1	12H2024001		12	12H2024012	
2	12H2024002		13	12H2024013	
3	12H2024003		14	12H2024014	
4	12H2024004		15	12H2024015	
5	12H2024005		16	12H2024016	
6	12H2024006		17	12H2024017	
7	12H2024007		18	12H2024018	
8	12H2024008		19	12H2024019	
9	12H2024009		20	12H2024020	
10	12H2024010		21	12H2024021	
11	12H2024011				

Dari akurasi pembacaan data pengujian sensor yang tersedia, ditemukan bahwa tidak ada kesalahan dalam proses pembacaan *barcode*. Ini berarti sensor berhasil membaca semua *barcode* yang diuji dengan tepat sesuai dengan data referensi. Pengujian menunjukkan bahwa sensor bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan tanpa menghasilkan kesalahan pembacaan. Ini mengindikasikan bahwa sensor telah dikalibrasi dengan benar dan berfungsi secara optimal. Karena hasil pengujian menunjukkan kinerja yang akurat, sensor *barcode scanner* dapat digunakan dalam prototipe yang dirancang.

D. Pengukuran Kinerja Sistem

Pengukuran kinerja sistem *traceability* pada prototipe mesin pemilah dilakukan dengan uji coba menggunakan beberapa sample produk. Untuk pengambilan data menggunakan 6 sample produk yang sudah diberikan label nomor seri dan memiliki 3 tipe berat yaitu, (i) Tipe A dengan berat lebih dari 0,5 Kg dan kurang dari 0,6 Kg; (ii) Tipe B dengan berat lebih dari 0,61 Kg dan kurang dari 0,7 Kg; dan (iii) Tipe not good (NG) dengan berat yang tidak sesuai dengan tipe A dan tipe B. Data hasil uji coba ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Data uji coba sample produk

TIME	KODE BARANG	SENSOR BERAT (kg)	ALAT UKUR (kg)	TIPE PRODUK
13/07/2024 17:04	12H2024001	0,400	0,400	NG

13/07/2024 17:06	12H2024002	0,504	0,500	TIPE A
13/07/2024 17:09	12H2024003	0,552	0,550	TIPE A
13/07/2024 17:11	12H2024004	0,600	0,600	TIPE B
13/07/2024 17:13	12H2024005	0,647	0,650	TIPE B
13/07/2024 17:15	12H2024006	0,752	0,750	NG

Berdasarkan data yang dikumpulkan, semua sampel produk telah diidentifikasi dengan tepat sesuai kategori berat masing-masing. Sampel pertama, yang dikategorikan sebagai NG, memiliki berat 0,400 Kg, jelas tidak memenuhi syarat untuk masuk dalam Tipe A atau Tipe B. Sementara itu, sampel kedua dan ketiga, dengan berat masing-masing 0,504 Kg dan 0,552 Kg, secara akurat dikategorikan sebagai Tipe A. Sampel keempat dan kelima, masing-masing dengan berat 0,600 Kg dan 0,647 Kg, sesuai dengan kriteria Tipe B.

Sistem mampu menghasilkan data yang akurat dengan selisih yang sangat kecil antara berat aktual dan alat ukur yang digunakan. Misalnya, sampel kedua memiliki berat aktual 0,504 Kg dan tercatat 0,500 Kg oleh alat ukur, menunjukkan sistem ini memiliki toleransi yang sangat kecil dan mendekati tingkat akurasi yang tinggi.

Waktu respon yang dihasilkan oleh sistem untuk setiap siklus pengiriman data adalah 2 detik. Waktu respon ini dianggap cukup efisien untuk aplikasi industri, meskipun dapat dipengaruhi oleh kualitas jaringan internet dan kabel komunikasi. Dalam konteks industri 4.0, kecepatan dan ketepatan data yang dikirim ke *Human Machine Interface* (HMI) dan cloud sangat krusial, dan sistem ini mampu menyediakan kedua aspek tersebut.

Data yang dihasilkan oleh sistem prototipe ini konsisten dan dapat diakses secara real-time melalui jaringan internet. Ini menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya mampu mengumpulkan data dengan akurat tetapi juga menjaga integritas dan aksesibilitas data dalam waktu nyata, yang merupakan kebutuhan penting dalam manajemen produksi modern.

E. Pengukuran Kinerja Sensor

Pengukuran kinerja sensor *load cell* penting untuk memastikan bahwa kedua sensor tersebut memberikan hasil yang akurat dan konsisten. Dengan menghitung selisih dan kesalahan pengukuran dapat menghasilkan nilai standard deviasi untuk menentukan akurasi, konsistensi dan keandalan pada sensor. Data pengukuran kinerja sensor *load cell* ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengukuran sensor

29/07/2024 21:58	12H2024004	0.457	0,450
29/07/2024 21:59	12H2024001	0.562	0,560
29/07/2024 21:59	12H2024001	0.448	0,440
29/07/2024 22:01	12H2024003	0.666	0,660

29/07/2024 22:01	12H2024006	0.248	0,240
29/07/2024 22:02	12H2024005	0.543	0,540
29/07/2024 22:03	12H2024006	0.457	0,450
29/07/2024 22:03	12H2024002	0.429	0,420
29/07/2024 22:03	12H2024004	0.609	0,600
29/07/2024 22:03	12H2024001	0.666	0,660
29/07/2024 22:04	12H2024005	0.191	0,190
29/07/2024 22:04	12H2024002	0.581	0,580
29/07/2024 22:05	12H2024005	0.666	0,660
29/07/2024 22:05	12H2024001	0.258	0,250

Dari data pengukuran sensor *load cell* di atas, maka dapat dihitung:

- a. Selisih dan kesalahan pengukuran

$$\text{Kesalahan} = \text{Sensor} - \text{Alat ukur}$$
- b. Rata - rata kesalahan

$$\text{Rata - Rata Kesalahan} = \frac{\sum \text{Kesalahan}}{N} \quad (4)$$

$$\text{Rata - Rata Kesalahan} = \frac{0,0869}{22} \approx 0,00395$$

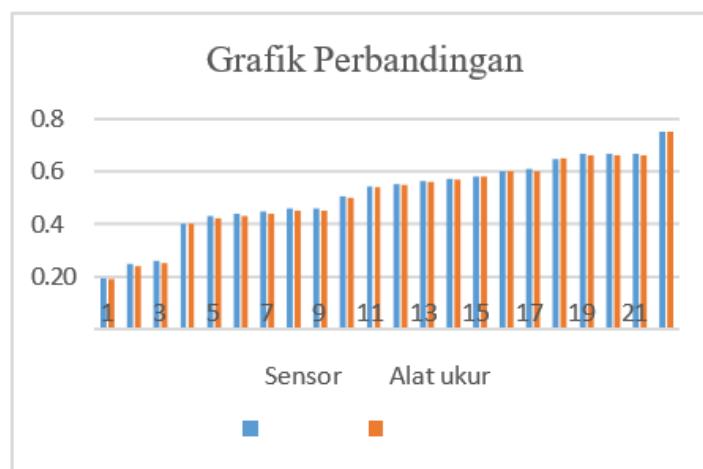
- c. Standar deviasi kesalahan

$$\text{Deviasi Kesalahan} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Kesalahan} - \text{Ratarata Kesalahan})^2}{N-1}}$$

$$\text{Deviasi Kesalahan} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Kesalahan} - 0,00395)^2}{22-1}}$$

$$\approx 0,004 \text{ kg}$$

Kinerja sensor *load cell* menunjukkan akurasi yang baik dengan rata-rata kesalahan yang sangat kecil sekitar 0.004 kg. Ini menunjukkan bahwa sensor berfungsi dengan baik dalam hal memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya. Standar deviasi yang rendah menunjukkan bahwa pengukuran sensor konsisten dan tidak bervariasi secara signifikan antara pengukuran. Sensor *load cell* dapat dianggap andal untuk digunakan pada prototipe mesin pemilah. Meskipun ada beberapa variasi dalam pengukuran, kesalahan umumnya kecil dan dalam batas yang dapat diterima. Dengan hasil analisis ini, sensor *load cell* dapat digunakan dengan dilakukan kalibrasi dan pemeliharaan rutin untuk memastikan kinerja yang optimal. Grafik perbandingan pengukuran kinerja sensor *load cell* dengan menyusun data dari yang terkecil ke yang terbesar ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik perbandingan kinerja sensor *load cell*

Grafik batang yang dihasilkan dari tabel 7 pengukuran sensor berat dan alat ukur menampilkan perbandingan antara dua seri data, yaitu berat yang diukur oleh sensor dan alat ukur. Pada sumbu X, setiap kode barang mewakili dua batang berdampingan, batang berwarna biru mewakili berat hasil sensor dan yang berwarna jingga mewakili berat hasil alat ukur, sementara sumbu Y menunjukkan berat dalam satuan kilogram.

F. Sistem Pemantauan dan Pengontrolan

Sistem ini dirancang untuk mengawasi dan mengendalikan proses pemilahan produk menggunakan teknologi *traceability*. Pada prototipe mesin pemilah, sistem ini mengintegrasikan berbagai sensor dan perangkat untuk mendeteksi informasi terkait produk, seperti nilai beban, tipe produk, dan waktu identifikasi. Data dari sensor dan *scanner* dikumpulkan dan dikirimkan ke aplikasi Haiwell Cloud SCADA setiap kali siklus identifikasi produk selesai. Setiap siklus identifikasi merepresentasikan satu proses pemilahan di mana produk diperiksa, diukur, dan dikategorikan. Tampilan data ditunjukkan pada Gambar 8.

Time	KODE BARANG	BERAT
2024-07-30 16:05:33	12H2024001	0.258
2024-07-30 16:05:00	12H2024005	0.6665
2024-07-30 16:04:43	12H2024002	0.581
2024-07-30 16:04:17	12H2024005	0.1915
2024-07-30 16:03:58	12H2024001	0.6665
2024-07-30 16:03:42	12H2024004	0.6095
2024-07-30 16:03:17	12H2024002	0.429
2024-07-30 16:03:02	12H2024006	0.4575
2024-07-30 16:02:07	12H2024005	0.543
2024-07-30 16:01:43	12H2024006	0.5485

Gambar 8. Tampilan data pada aplikasi haiwell cloud SCADA

Data yang ditampilkan pada aplikasi Haiwell Cloud SCADA dapat diunduh dengan mudah dan diakses oleh berbagai aplikasi perangkat lunak dengan format file .csv. Pengunduhan data dilakukan melalui jaringan internet, memungkinkan untuk mengakses data dari lokasi mana pun tanpa perlu terhubung secara langsung ke sistem pemilah. Format data hasil unduhan ditunjukkan pada Gambar 9.

Gambar 9. Tampilan data unduhan pada Microsoft Excel

IV. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mesin pemilah produk telah berhasil diimplementasikan dengan sistem *traceability* yang efektif. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pelacakan produk dengan memastikan akurasi dan konsistensi data, tetapi juga menyediakan akses data yang mudah melalui platform online. Ini mempermudah pemantauan, pelaporan, dan analisis kinerja prototipe secara *real-time*. Dengan demikian, sistem *traceability* yang diterapkan pada prototipe ini terbukti sebagai alat yang berguna untuk meningkatkan operasional dan pengelolaan rantai distribusi produk, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih baik. Hasil analisis kinerja sensor *load cell* setelah dilakukan kalibrasi menunjukkan bahwa sensor ini memiliki akurasi yang sangat baik. Rata-rata kesalahan pengukuran hanya sekitar 0.004 kg, menandakan bahwa sensor mampu memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya dengan presisi tinggi. Standar deviasi yang rendah mengindikasikan bahwa pengukuran sensor konsisten dan stabil. Hasil pengujian *barcode scanner* menunjukkan bahwa sensor berfungsi tanpa kesalahan adalah indikasi bahwa proses kalibrasi telah berhasil dan sensor siap untuk digunakan dalam aplikasi nyata. Ini memberikan keyakinan bahwa sensor akan memberikan performa yang andal dan akurat dalam identifikasi produk dan pengelolaan data.

V. REFERENSI

- [1] D. Triyanto, "Pengembangan sistem traceability," Tesis, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia, 2016.
- [2] S. H. Waskitho, "Kendali PLC pada sistem traceability komponen crankshaft dan engine block di PT Astra Daihatsu Motor-Engine Plant," Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2018.
- [3] Supply Chain Traceability pada Produk Pangan dan Hasil Pertanian," Laporan, 2018. [Online]. Tersedia:https://kanalpengetahuan.tp.ugm.ac.id/menara_ilmu/2018/1373-supply-chain-traceability-pada-produk-pangan-dan-hasil-pertanian.html.
- [4] I.N. Agiska1, E.S Budi, dan H.K. Safitri, "Sistem Kendali PI Menggunakan PLC CP1H dan HMI pada Aplikasi Miniplant Pemanas Air," di Jurnal Elkolind Vol. 8, No. 1, halm. 230, 2021.
- [5] "Arduino Uno Rev3," [Online]. Tersedia: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>
- [6] A. Arifin, "PLC HMI: Pengertian Fungsi, Kelebihan Dan Contoh," Carailmu, 22 Juni 2022. [Online]. Tersedia: <https://www.carailmu.com/2022/03/hmi-human-machine-interface-plc.html>.
- [7] A.R.Maulana "Real-time data monitoring system pengolahan air limbah di pt tirta fresindo jaya (mayora group) plant ciherang," Jurnal Teknik Elektro dan Sains 9.1, 2022.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

- [8] R. Setiawan, "Memahami apa itu Internet of Things," Dicoding, 2021. [Online]. Tersedia: <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-internet-of-things>
- [9] Cloud platform."haiwell cloud scada", [Online]. Tersedia : <http://en.haiwell.com/hwproducts/146.html>
- [10] A. M. Muslimin and T. Lestari, "Perancangan alat timbangan digital berbasis Arduino Leonardo menggunakan sensor load cell," Jurnal Natural, vol. 17, no. 1, pp. 50-63, 2021
- [11] S. A. Mochtar, "Perancangan dan kalibrasi timbangan digital," *ReTII*, vol. 3, no. 1, pp. 1-9, 2018.