

Pendeteksi Produk Dengan Kamera Inspeksi Pada Line Produksi Berbasis Arduino Uno

Ridwan, Muhammad Hafidhin Affan, Setyawan Ajie Soekarno
Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung
Email: ridwan@polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<i>Received:</i> 21 Maret 2024 <i>Accepted:</i> 01 April 2024 <i>Available:</i> 28 Juni 2024	Sistem pemilihan produk berdasarkan spesifikasi dimensi membutuhkan waktu yang cukup lama dan akurasinya menjadi rendah jika lakukan secara manual. Faktor kelelahan operator produksi mengakibatkan menurunkan kualitas kerja, sehingga output produksi menjadi rendah kualitasnya. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dibuatkan peralatan sortir yang dapat membedakan jenis-jenis produk dengan menggunakan pemantauan kamera inspeksi yang di kontrol dengan Arduino Uno. Dalam penelitian ini, dirancang sebuah prototype berbentuk konveyor yang dilengkapi dengan kamera (Webcam X6) dan beberapa sensor kedekatan (proximity sensor) untuk memberikan inputan ke Arduino Uno. Fungsi kamera yaitu untuk mendeteksi bentuk produk dengan menggunakan metode <i>Deep Learning Model SSD-MobileNet v2</i> dengan menggunakan bahasa pemrograman phyton yang dibantu dengan library TensorFlow dan OpenCV. Hasil dari deteksi produk akan diolah menjadi sinyal input sebagai pengontrol pada Arduino Uno, lalu dilanjutkan untuk mengendalikan solenoid valve pneumatic pada masing-masing produk. Hasil Pembacaan oleh software yaitu untuk mendeteksi benda lingkaran sebesar 92 %, untuk mendeteksi benda segitiga yaitu sekitar 84 %, dan untuk mendeteksi benda kotak yaitu sekitar 87 %.
Kata Kunci:	ABSTRACT
<i>Sorting</i> <i>Camera</i> <i>Conveyor</i> <i>Arduino Uno</i> <i>Python</i>	<i>Sorting product system based on dimensional specifications takes a long time and the accuracy is low if done manually. The fatigue factor of production operators results in lowering the quality of work so that the production output becomes of low quality. To overcome this, it is necessary to make sorting equipment that can distinguish the types of products by using inspection camera monitoring which is controlled by Arduino Uno. In this study, a conveyor-shaped prototype was designed which is equipped with a Webcam X6 camera and several proximity sensors to provide input to the Arduino Uno. The camera function detects the product dimensions using the Deep Learning Model SSD-MobileNet v2 method using the Python programming language and is assisted by the TensorFlow and OpenCV libraries. The results of product detection will be processed into input signals to control the Arduino Uno followed by controlling the pneumatic solenoid valves on each product. The result of reading by software is to detect circular objects by 92%, detect triangular objects, which is about 84%, and read square objects, which is about 87%.</i>

1 PENDAHULUAN

Di era teknologi yang semakin berkembang ini, memungkinkan masyarakat lebih tertarik menggunakan teknologi yang lebih modern [1]. Alasannya tidak jauh, karena dianggap lebih efektif dan efisien, salah satunya dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi. Industri yang memproduksi barang dalam jumlah besar tidak dapat dikerjakan sepenuhnya dengan tenaga manusia, hal ini mengingat tenaga manusia mengalami kelelahan jika bekerja pada titik jenuh tertentu [2]. Salah satu pekerjaan yang menjenuhkan pada jalur produksi adalah memisahkan atau membedakan jenis barang yang keluar dari jalur yang sama.

Dengan kemajuan teknologi yang berkembang pesat saat ini, mengakibatkan industri sebagai produsen perlu menggunakan cara otomatisasi untuk meningkatkan jumlah barang yang diproduksinya secara efektif dan efisien dalam menentukan jenisnya [3]. Otomasi sendiri adalah suatu teknik untuk membuat peralatan, proses, atau sistem beroperasi secara otomatis yang mencakup kemampuan pemrosesan sistem apapun [4][5][6]. Sehingga secara umum sistem otomasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang dapat berfungsi secara otomatis dengan menggunakan teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik elektronik dan sistem yang berbasis komputer tanpa adanya campur tangan manusia [7]. Salah satu peralatan kendali otomatis yang saat ini banyak digunakan adalah PLC (Programmable Logic Controller). PLC merupakan peralatan kontrol industri yang penggunaannya sangat luas di industri [8], [9]. PLC digunakan karena memiliki kehandalan-kehandalan, antara lain mudah diprogram dan diaplikasikan, pengawatan (wiring) lebih sedikit, troubleshooting sistem lebih sederhana, konsumsi daya relatif lebih rendah, modifikasi sistem lebih sederhana dan cepat [10].

PLC sangat mendukung kehidupan manusia pada era sekarang, terutama dalam menyortir barang produksi di industri. Pengertian sortir sendiri [11] adalah proses memilah, secara deskripsi sortir merupakan proses menyusun kembali objek yang seharusnya disusun dengan suatu pola tertentu, sehingga tersusun secara teratur menurut aturan tertentu. Penyortiran sendiri bisa dikelompokkan dalam beberapa jenis, ada penyortiran yang dilakukan berdasarkan berat, berdasarkan warna, berdasarkan bentuk dan lain-lain [12]. Proses sortir berdasarkan bentuk diperlukan akurasi dan kecepatan dalam membedakan sebuah benda [13]. Saat ini sudah banyak pengembangan konveyor yang dilakukan untuk mempermudah pekerjaan manusia dengan sistem sortir benda dengan nilai berat yang di baca untuk dapat memilah benda dengan tepat, serta pengembangan konveyor yang dilakukan untuk sistem pemilahan barang dengan nilai yang dibaca lebar dari barang tersebut [14][15]. Hal itu tak lepas dari peranan teknologi yang semakin pesat, terutama dengan penggunaan mikrokontroler serta sensor-sensor yang menjadi indra dari sebuah mesin. Mikrokontroler merupakan sebuah sistem mikroprosesor yang di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O clock dan peripheral lainnya [16]. Mikrokontroler juga bisa digunakan sebagai pengendali kecil suatu perangkat embedded system [17].

Pada penelitian tahun 2021, terdapat sistem pendeteksian objek dengan menggunakan kamera ESP 32 CAM, PLC Outseal, dan konveyor untuk sortir bungkus permen. Proses pendeteksian objek dilakukan dengan cara membandingkan objek dengan sampel yang sudah dibuat, objek yang memiliki kecenderungan terbesar dengan salah satu sampel akan diklasifikasikan dalam kelas sampel tersebut. Hasil pendeteksian oleh modul kamera akan dikirimkan ke PLC berupa input digital [18]. Lalu, pada penelitian lainnya di tahun tersebut, terdapat pembahasan mengenai sistem pendeteksian objek, yang berupa macam-macam atap mobil, warna pada atap mobil, dan juga scratch dengan menggunakan metode SSD-Mobnet dan konveyor. Tingkat keakurasian dari penelitian dengan menggunakan kamera Logitech tersebut yaitu sebesar 80% [19].

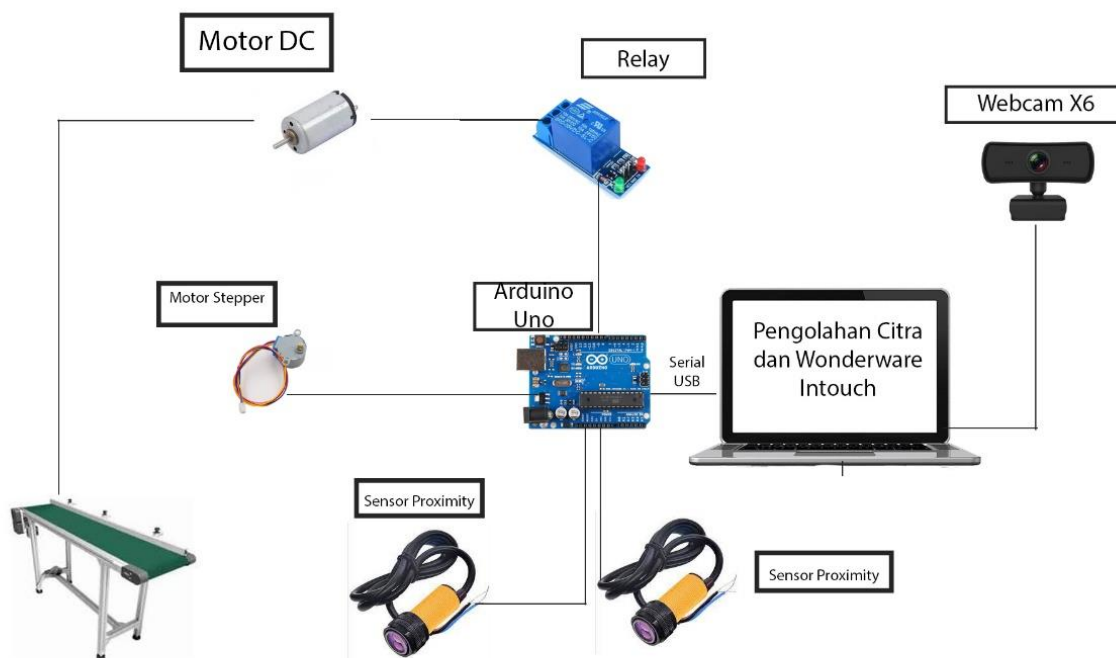
Berdasarkan uraian yang sudah dijelaskan, perlu dirancang sistem pengontrolan produksi menggunakan pengamatan otomatis dengan memanfaatkan teknologi kamera yang dapat membedakan hasil produksi sesuai bentuk produk dengan menggunakan Arduino Uno sebagai kontrolernya.

2 METODE PENELITIAN

Dalam penelitian tersebut, terdapat beberapa tahap metode penelitian yang penulis lakukan, antara lain Studi Literatur. Pada tahap ini penulis mendalami konsep mengenai deteksi objek dan warna pada produk melalui jurnal dan buku yang penulis dapatkan, baik di perpustakaan ataupun internet. Selanjutnya, penulis mengumpulkan data-data yang meliputi data citra digital dan pengerjaan desain. Setelah keduanya selesai, tahapan selanjutnya adalah mengimplementasikan semua itu dalam bentuk prototipe. Prototipe yang telah dirancang juga harus melalui tahap pengujian dan analisa sehingga dapat menjadi evaluasi dalam bentuk laporan.

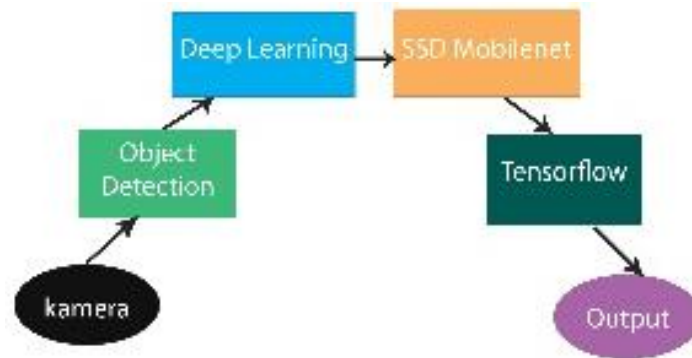
2.1 Metode Pengumpulan Data

Prototype sistem sortir geometri jalur produksi berbasis kamera, merupakan miniatur jalur produksi, dengan produk yang akan dikemas harus melalui tahapan inspeksi sebagai quality control product. Tahapan inspeksi ini dikerjakan secara otomatis oleh kamera inspeksi untuk menentukan produk yang *lingkaran* atau produk *kotak* dan *segitiga*. Pencatatan jumlah produk *lingkaran* atau produk *kotak* dan *segitiga* dapat dipantau langsung melalui aplikasi Wonderware InTouch yang sudah terhubung.



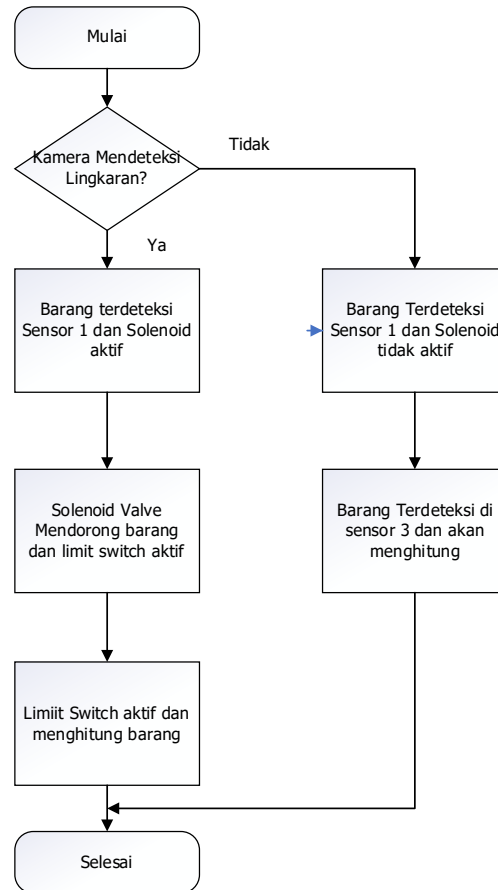
Gambar 1. Diagram blok Sistem

Pendeteksi produk dengan kamera inspeksi pada line produksi berbasis Arduino Uno ini, Wonderware InTouch terhubung ke ethernet sebagai interface. Motor Stepper terhubung ke Arduino Uno yang fungsinya yaitu untuk mendorong barang yang terkena sensor proximity 1 dan 2. Kamera berfungsi untuk membandingkan data sesuai standar, yang nantinya data tersebut akan masuk ke mikrokontroler, Arduino Uno, untuk mengaktifkan/tidaknnya motor stepper. Relay terhubung dengan Arduino Uno untuk menghidupkan atau mematikan motor DC.



Gambar 2. Proses Image Processing

Kamera mendeteksi adanya objek yang lewat untuk meningkatkan efisiensi dalam menentukan jumlah produk yang gagal [20]. Setelahnya memasuki proses di Deep Learning, lalu ke SSD untuk mendeteksi sebuah objek secara realtime. Sistem pendeteksian yang dilakukan adalah dengan menggunakan repurpose classifier atau localizer untuk melakukan deteksi. Lalu ke tensorflow dan terakhir di outputnya.



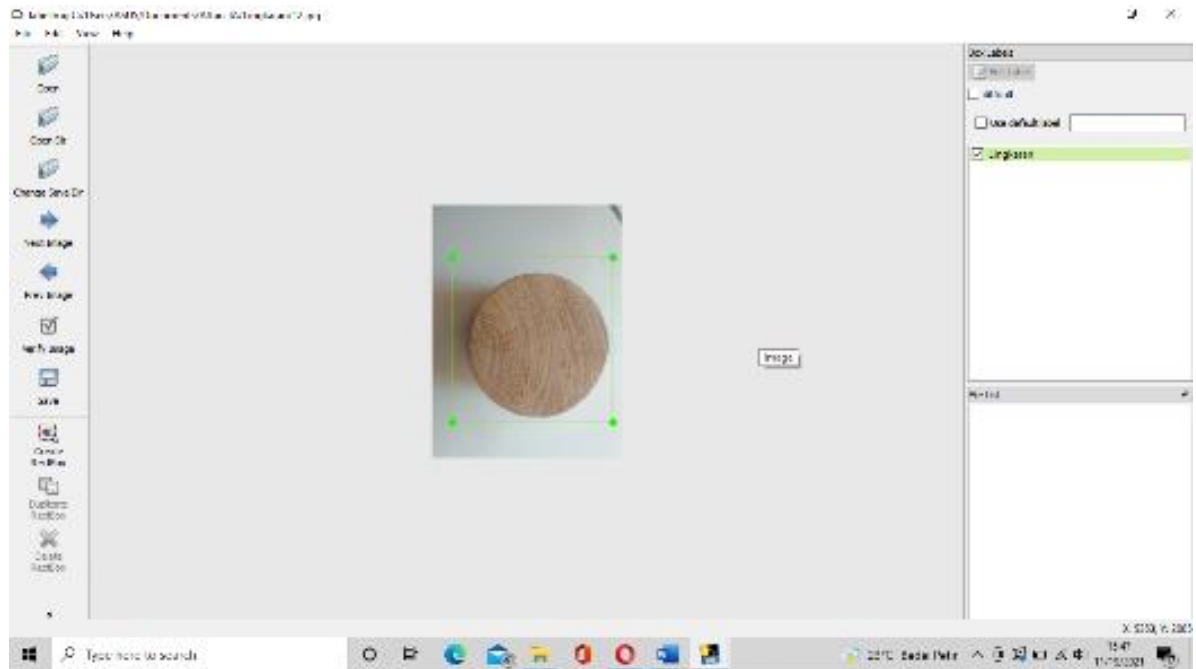
Gambar 3. Alur Cara Kerja Pengolahan Citra sortir barang

Pada Gambar 3 ketika konveyor menyala kamera mendeteksi barang. Bila kamera sudah mendeteksi barang, sinyal akan dikirimkan menuju relay, lalu dikirimkan kembali sinyalnya ke PLC untuk diolah. Ketika barang bagus, maka akan menonaktifkan solenoid valve dan sensor 3 akan menghitung barang yang *lingkaran*. Ketika barangnya tidak bagus, solenoid valve akan aktif dan mendorong barang. Limit Switch akan aktif dan menghitung barang yang *kotak* dan *segitiga*.

Tools yang digunakan pada penelitian ini adalah PC. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Deep Learning dengan model SSD-MobileNet v2, menggunakan framework TensorFlow yang bertujuan untuk mengklasifikasikan object *kotak*, *segitiga* dan *lingkaran* secara realtime. Setelah terdeteksi, sinyal dikirimkan ke Arduino Uno dan menyalakan relay.

2.2 Tahapan Penelitian

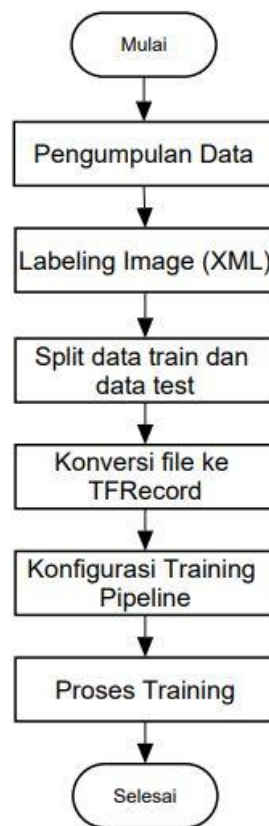
2.2.1 Mengumpulkan Data



Gambar 4. Labelling Objek

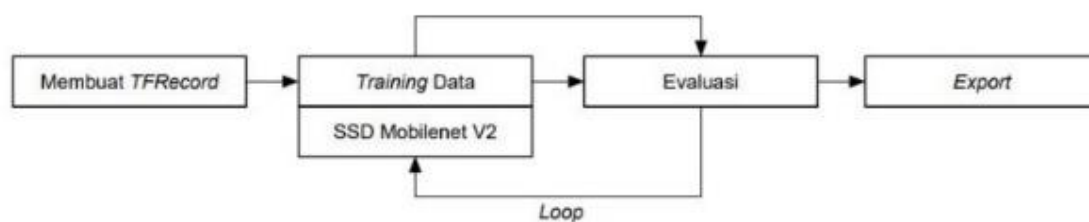
Langkah pertama adalah mengumpulkan data custom 250 gambar *lingkaran*, *segitiga* dan *kotak* menggunakan webcam berupa output *.jpg*. Kemudian gambar tersebut dilabeli sebagai klasifikasi salah satu bentuk menggunakan LabelImg. Proses labeling memakan waktu yang cukup lama apabila kita ingin mendapatkan akurasi deteksi yang baik. Output LabelImg akan secara otomatis menyimpan gambar dalam format *.XML*.

2.2.2 Training Data



Gambar 5. Proses Training data

Pengembangan model arsitektur menggunakan Tensorflow Deteksi Objek Untuk mendapatkan hasil export.



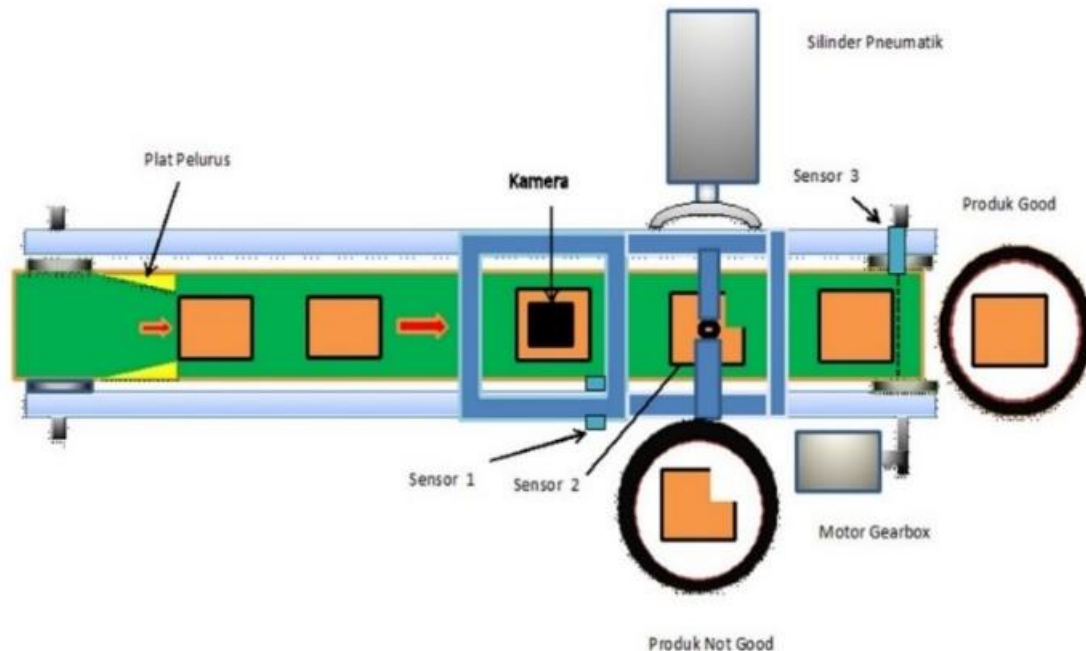
Gambar 6. Proses Pengembangan Skenario Arsitektur

Pada proses training, data akan dipecah menjadi dua bagian, yaitu folder train sebanyak 80% dari keseluruhan gambar dan folder test sebanyak 20%. Data yang ada di folder training adalah data yang akan dilatih oleh mesin menggunakan metode Deep Learning dengan model SSD-MobileNet v2, yang kemudian data yang ada di folder uji akan dijadikan sebagai pembandingan dengan data yang sudah dilatih [21].

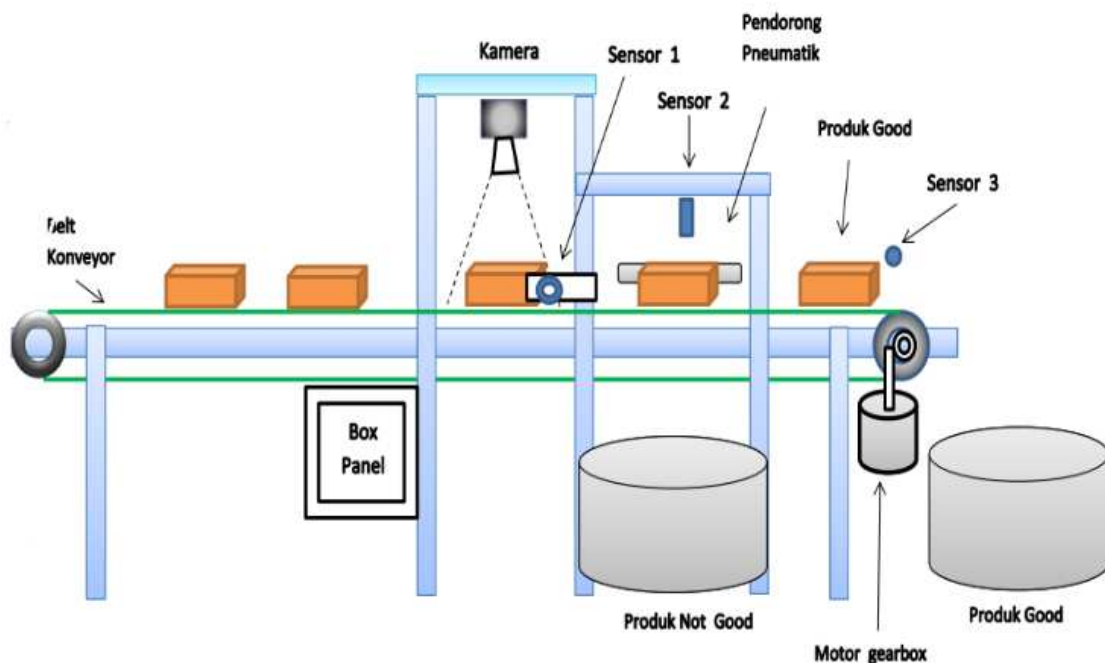
Yang pertama adalah mengubah ukuran gambar menjadi 300x300 piksel. Selanjutnya adalah proses konvolusi untuk mendapatkan fitur citra. Ada beberapa tahapan dalam proses konvolusi

atau convolutional layer. Proses konvolusi harus dilakukan berulang-ulang hingga mencapai bagian terkecil dari citra. Metode SSD yang diimplementasikan dalam pelatihan ini berasal dari tujuan MultiBox, tetapi diperluas untuk menangani beberapa kategori objek [22].

2.2.3 Perancangan Alat



Gambar 7. Rancangan Alat (Tampak Atas)



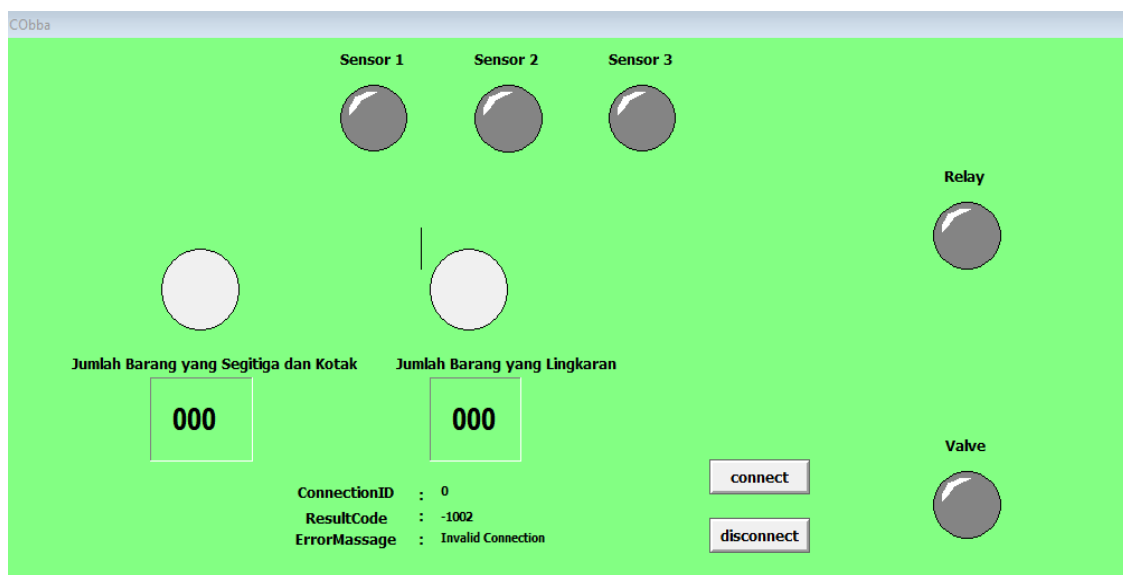
Gambar 8. Rancangan Alat (Tampak Samping)

Gambar 7 dan 8 merupakan rancangan mekanik pengolahan citra pada suatu jalur produksi. Kamera mendeteksi barang, dan setelah barang terdeteksi, sinyal akan diteruskan ke relay.

Relay kemudian akan mengirimkan sinyal ke PLC untuk diolah. Apabila barang berbentuk *kotak* atau *segitiga*, maka akan menonaktifkan solenoid valve dan sensor 3 akan menghitung barang tersebut. Sedangkan bila barangnya *lingkaran*, maka solenoid valve akan aktif dan mendorong barang, limit switch akan aktif dan menghitung barang tersebut.

2.2.4 Antarmuka

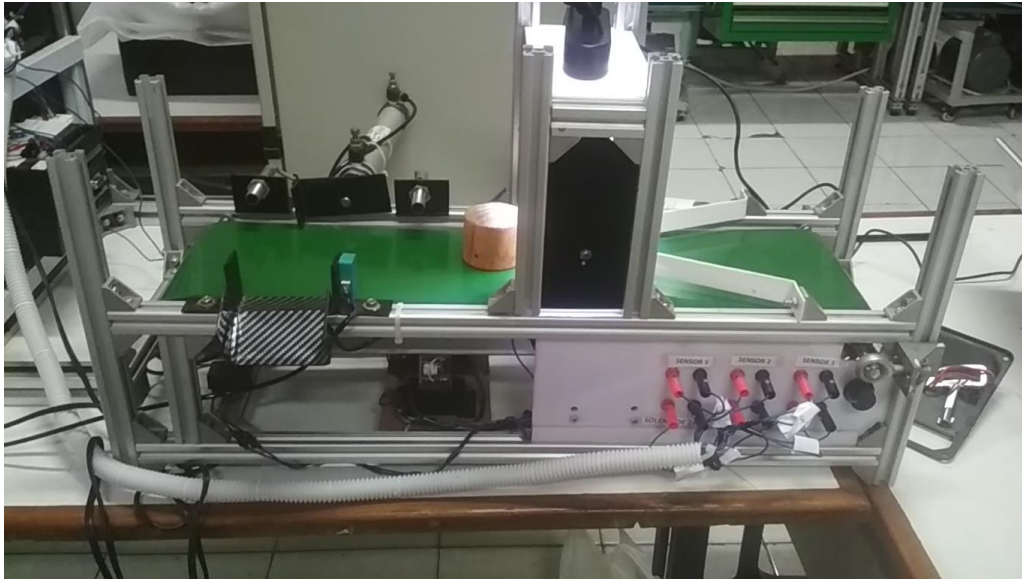
Antarmuka pada sistem Pengolahan Citra berbasis kamera ini menggunakan Wonderware InTouch sebagai Interface-nya serta menggunakan Ethernet untuk terhubung ke PLC.



Gambar 9. Interface Wonderware InTouch

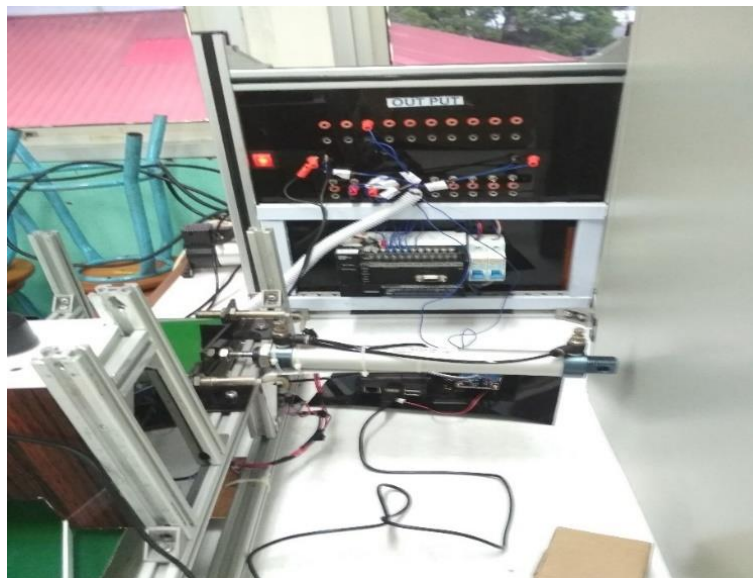
Gambar 9 menunjukkan Interface Pengolahan Citra untuk sistem sortir menggunakan Wonderware InTouch. Ketika sensor 1, 2 dan 3 membaca barang, maka relay akan menyala berwarna merah. Ketika relay berwarna merah, dan ketika barang terdeteksi di sensor 2 maka akan menghitung good. Sedangkan, ketika sensor 3 menyala maka menghitung barang reject. Data good dan data reject akan terbaca pada interface.

3 HASIL



Gambar 10. Rancangan Konveyor

Gambar 10 merupakan rancangan konveyor yang sudah selesai dibuat. Konveyor ini menggunakan alumunium profile sebagai rangkanya. Terdapat belt conveyor sepanjang 120 cm dan lebar 13 cm, 2 buah sensor proximity, limit switch, dan solenoid valve 5/2 Double Acting, serta webcam untuk mendeteksi barang yang lewat konveyor.



Gambar 11. Rancangan Trainer PLC

Gambar 11 merupakan rancangan trainer yang dibuat untuk memudahkan pengguna dalam menyambungkan rangkaian elektrik dari konveyor ke PLC. Pada trainer PLC, terdapat PLC CP1L dan dua buah power supply, yaitu 12V dan 24V. Power Supply 24V berfungsi untuk menyalakan PLC, sedangkan Power Supply 12V untuk menyalakan Motor DC 12V, LED, dan Kompresor 12V.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Kotak Pada Kamera

No.	Bentuk	Real Pembacaan (%)	Pembacaan Oleh Software (%)	Error (%)
1	Kotak	100 %	84 %	16 %
2	Kotak	100 %	86 %	14 %
3	Kotak	100 %	87 %	23 %
4	Kotak	100 %	82 %	18 %
5	Kotak	100 %	88 %	12 %
6	Kotak	100 %	89 %	11 %
7	Kotak	100 %	90 %	10 %
8	Kotak	100 %	92 %	8 %
9	Kotak	100 %	83 %	17 %
10	Kotak	100 %	87 %	13 %
Rata-rata			87 %	14,2 %

Tabel 2. Hasil Pembacaan Segitiga Pada Kamera

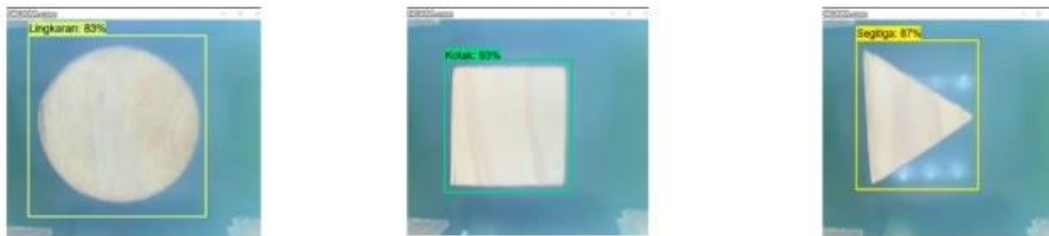
No.	Bentuk	Real Pembacaan (%)	Pembacaan Oleh Software (%)	Error (%)
1	Segitiga	100 %	83 %	17 %
2	Segitiga	100 %	89 %	11 %
3	Segitiga	100 %	82 %	18 %
4	Segitiga	100 %	83 %	17 %
5	Segitiga	100 %	82 %	18 %
6	Segitiga	100 %	80 %	20 %
7	Segitiga	100 %	85 %	15 %
8	Segitiga	100 %	85 %	15 %
9	Segitiga	100 %	84 %	16 %
10	Segitiga	100 %	83 %	17 %
Rata-rata			84 %	16.4 %

Tabel 3. Hasil Pembacaan Lingkaran Pada Kamera

No.	Bentuk	Real Pembacaan (%)	Pembacaan Oleh Software (%)	Error (%)
1	Lingkaran	100 %	94 %	6 %
2	Lingkaran	100 %	93 %	7 %
3	Lingkaran	100 %	94 %	6 %
4	Lingkaran	100 %	95 %	5 %
5	Lingkaran	100 %	90 %	10 %
6	Lingkaran	100 %	91 %	9 %
7	Lingkaran	100 %	88 %	12 %
8	Lingkaran	100 %	92 %	8 %
9	Lingkaran	100 %	94 %	6 %
10	Lingkaran	100 %	93 %	7 %
Rata-rata			92 %	7.6 %

Dari hasil Pembacaan Objek pada step 6000, rata-rata pembacaan pada objek *kotak* yaitu 87 % dan errornya 14.2% , untuk *segitiga* rata-rata pembacaan objek 84 % dan errornya 16.4%, dan untuk *lingkaran* yaitu sekitar 92 % dan errornya 7.6%, ini dikarenakan *lingkaran* mempunyai ukuran yang sama dan tidak mempunyai sudut, sehingga ketika kamera

mendeteksi dari atas maka nilai akurasi sangat bagus. Sementara itu, untuk *kotak* dan *segitiga* dikarenakan mempunyai sudut menyebabkan pembacaan akurasi lebih rendah dibandingkan dengan *lingkaran*. Banyaknya dataset dan training memengaruhi tingkat akurasi pembacaan objek tersebut, dikarenakan komputer dapat lebih banyak memahami dan menerima pola dari gambar yang telah diberikan. Sehingga, keakuratan atau ketepatan proses pendeteksian semakin baik.



Gambar 12. Hasil Pembacaan Objek

Gambar 10 menunjukkan hasil pembacaan objek dari kamera. Hasil dari pendeteksian oleh kamera, yaitu *lingkaran* dengan hasil pembacaan 83%, *kotak* dengan hasil pembacaan 93% dan *segitiga* dengan hasil pembacaan 87%.

4 KESIMPULAN

Hasil dari pemantauan kamera yang diolah melalui pemrograman OpenCv dengan metode SSD-MobileNet produk dapat diketahui persentase kualitasnya. Kualitas gambar sangat dipengaruhi kualitas kamera dan banyaknya gambar sebagai dataset, serta step training, dan bentuk objek. Hal ini dapat memengaruhi hasil pencitraannya dan tingkat keakurasiannya. Hasil pembacaan oleh software yaitu untuk mendeteksi benda lingkaran sebesar 92 %, untuk mendeteksi benda segitiga yaitu sekitar 84 %, dan untuk mendeteksi benda kotak yaitu sekitar 87 %.

5 REFERENSI

- [1] Enny, "Optimalisasi Penggunaan Alat Praktikum Power Supply Switching dengan Menggunakan Topologi Half Bridge Konverter sebagai Alat Bantu Praktikum Elektronika Analog Enny," *METANA*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2016, [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/metana>
- [2] D. P. Sari, S. Rasyad, E. Evelina, and A. Amperawan, "IDENTIFIKASI HURUF BRAILLE BERBASIS IMAGE PROCESSING SECARA REAL TIME," *JURNAL AMPERE*, vol. 2, no. 2, p. 68, Dec. 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i2.1765.
- [3] A. Susila, W. S. Aji, and T. Sutikno, "PURWARUPA ALAT PEMILAH BARANG BERDASARKAN UKURAN DIMENSI BERBASIS PLC OMRON SYSMAC CPM1," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 5, no. 2, pp. 85–92, Aug. 2007, doi: 10.12928/telkomnika.v5i2.1345.
- [4] S. Madakam, R. M. Holmukhe, and D. Kumar Jaiswal, "The Future Digital Work Force: Robotic Process Automation (RPA)," *Journal of Information Systems and Technology Management*, vol. 16, pp. 1–17, Jan. 2019, doi: 10.4301/S1807-1775201916001.

- [5] T. Chakraborti *et al.*, "From Robotic Process Automation to Intelligent Process Automation: – Emerging Trends –, " in *Lecture Notes in Business Information Processing*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2020, pp. 215–228. doi: 10.1007/978-3-030-58779-6_15.
- [6] R. Macrorie, S. Marvin, and A. While, "Robotics and automation in the city: a research agenda," *Urban Geogr*, vol. 42, no. 2, pp. 197–217, 2021, doi: 10.1080/02723638.2019.1698868.
- [7] A. N. Kurniadi, H. Rachmat, and S. E. A. Denny, "PERANCANGAN PROGRAM SISTEM PENGENDALI UNTUK OTOMATISASI PROSES PENGEPAKAN TEH MENGGUNAKAN PLC OMRON CP1E DI PT.PN VIII UNIT SINUMBRA," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 827–832, 2015.
- [8] East-West University, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Bangladesh Section, and IEEE Robotics and Automation Society. Bangladesh Chapter, *2019 1st International Conference on Advances in Science, Engineering and Robotics Technology (ICASERT 2019) : May 3-5, 2019, Dhaka, Bangladesh*.
- [9] B. Tomar and N. Kumar, "PLC and SCADA based Industrial Automated System," in *2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology, INOCON 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov. 2020. doi: 10.1109/INOCON50539.2020.9298190.
- [10] B. Gunawan and Y. Prawoto, "Aplikasi Programmable Logic Controller (PLC) Omron CPM2A Sebagai Komponen Utama Sistem Pengukur Kecepatan Putar (RPM) Motor DC," *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 1, p. 48, Jun. 2013, doi: 10.24176/simet.v2i1.98.
- [11] H. Yanto, "Analisis Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bagian Produksi dengan Menggunakan Metode 5S (Studi Kasus PT Pionirbeton Industri Plant Yogyakarta)," *Spektrum Industri*, vol. 18, no. 1, p. 23, Jul. 2020, doi: 10.12928/si.v18i1.12443.
- [12] M. Ardimansyah and D. Bagenda, "PROTOTIPE ALAT SORTIR BOLA BERDASARKAN PERBEDAAN WARNA MENGGUNAKAN LED RGB DAN LDR BERBASIS MIKROKONTROLER," *Jurnal Komputer Bisnis*, vol. 5, no. 2, 2014, Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: <http://jurnal.lpkia.ac.id/index.php/jkb/article/view/74>
- [13] W. T. Abbood, O. I. Abdullah, and E. A. Khalid, "A real-time automated sorting of robotic vision system based on the interactive design approach," *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 14, no. 1, pp. 201–209, Mar. 2020, doi: 10.1007/s12008-019-00628-w.
- [14] I. M. N. Arijaya, "RANCANG BANGUN ALAT KONVEYOR UNTUK SISTEM SOLTIR BARANG BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO," *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 2, no. 2, pp. 126–135, Oct. 2019, doi: 10.31598/jurnalresistor.v2i2.363.
- [15] W. T. Abbood, O. I. Abdullah, and E. A. Khalid, "A real-time automated sorting of robotic vision system based on the interactive design approach," *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 14, no. 1, pp. 201–209, Mar. 2020, doi: 10.1007/s12008-019-00628-w.
- [16] A. A. G. Ekayana and I. M. A. Putra, "Rancang Bangun Pendeteksi Gempa Bumi Vertikal Berbasis Arduino Nano Dengan Sensor Induksi Elektromagnetik," *S@CIES*, vol. 7, no. 2, pp. 118–125, Apr. 2017, doi: 10.31598/sacies.v7i2.190.
- [17] A. A. G. Ekayana, "RANCANG BANGUN ALAT PENERING RUMPUT LAUT BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 13, no. 1, Apr. 2016, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v13i1.6842.

- [18] F. Fatimah, I. Maulana, M. Dimas, A. Dan, and A. Putramala, "Pemrograman Modul Kamera pada Prototipe Mesin Sortir Bungkus Permen Berbasis Image Processing," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, pp. 145–151, 2021.
- [19] W. A. Candra, A. S. Sunarya, and W. S. Saraswati, "Computer Vision Implementation in Scratch Inspection and Color Detection on The Car Roof Surface," *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 317–328, Apr. 2023, doi: 10.46574/motivection.v5i2.230.
- [20] A. Satria Prabuwono, D. Kurniawan, and Y. Away, "PERANCANGAN SISTEM INSPEKSI VISUAL BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) PADA MODULAR AUTOMATION PRODUCTION SYSTEM (MAPS)," *GELAGAR*, vol. 18, no. 1, pp. 11–18, 2007.
- [21] H. Mulyawan, M. Z. H. Samsono, and Setiawardhana, "Identifikasi dan Tracking Objek Berbasis Image Processing Secara Real Time," 2017.
- [22] P. R. Aningtiyas, A. Sumin, and S. Wirawan, "Pembuatan Aplikasi Deteksi Objek Menggunakan TensorFlow Object Detection API dengan Memanfaatkan SSD MobileNet V2 Sebagai Model Pra - Terlatih," *Jurnal Ilmiah Komputasi*, vol. 19, no. 3, Mar. 2020, doi: 10.32409/jikstik.19.3.68.