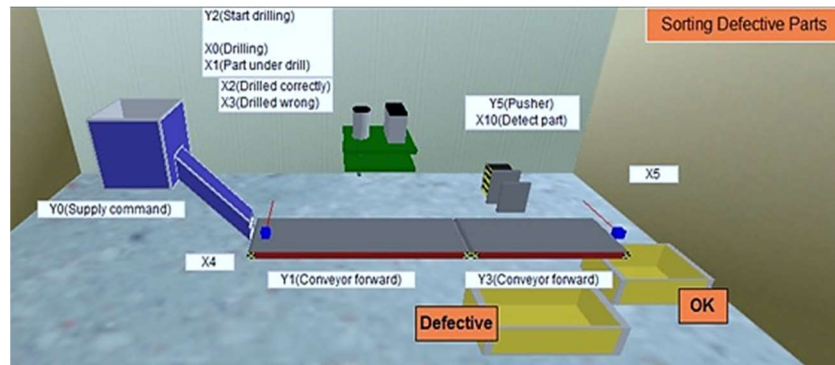


BAB II

LANDASAN TEORI

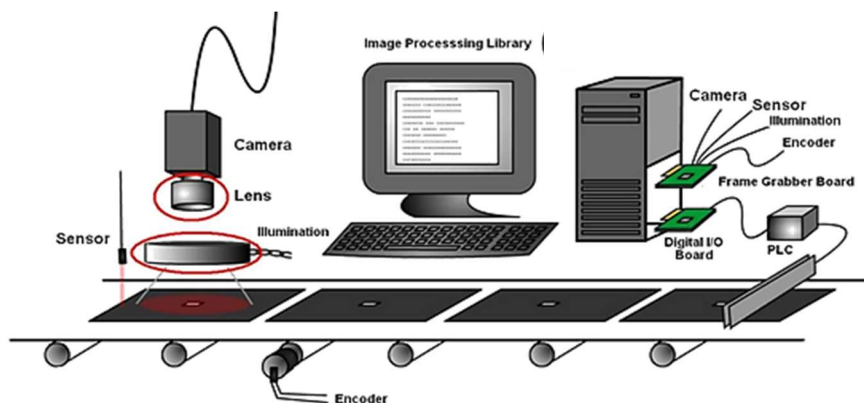
2.1. Sistem Penyortiran Benda



Gambar 2. 1 Ilustrasi Sistem Penyortiran

Penyortiran adalah proses yang dilakukan untuk memilah sesuatu sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Pada penyortiran benda atau produk, sistem penyortiran bertujuan untuk menginspeksi produk dari kecacatan dan juga untuk menyeleksi produk berdasarkan kategorinya. Penyortiran barang yang dilakukan dapat ditentukan dari sifat barang yang akan di proses, yaitu berupa warna, massa, dan bentuk (Lestari and Candra, 2021).

2.2. *Machine Vision*



Gambar 2. 2 Ilustrasi Penerapan *Machine Vision* di Industri

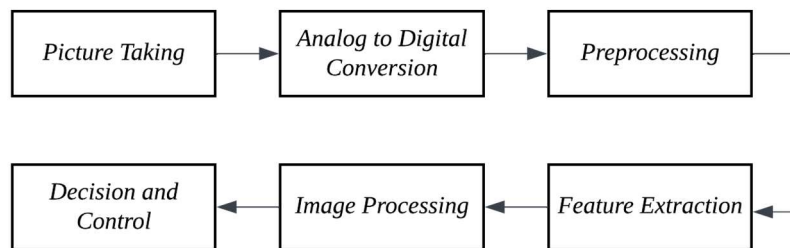
Machine vision adalah teknologi yang memungkinkan mesin dapat melakukan analisa citra suatu objek dan melakukan pengontrolan terhadap objek tersebut. Teknologi *machine vision* merupakan metode yang digunakan untuk melakukan inspeksi dan analisis otomatis yang berbasis pencitraan gambar (Fernandes, Moreira and Mata, 2011). *Machine vision* tidak hanya terfokus pada pengolahan informasi pada citra, namun juga pengontrolan perangkat keras untuk aplikasi nyata (Davies, 2012). *Machine vision* menggunakan *webcam* sebagai penangkap objek yang akan dianalisa, lalu pemrosesan citra objek tersebut akan dilakukan menggunakan komputer. Hasil dari analisa pada komputer selanjutnya akan dikirim ke unit pengontrol untuk dilakukan suatu pekerjaan.

2.2.1. Kamera Visi



Gambar 2. 3 *Vision Camera*

Kamera visi (*Vision Camera*) adalah piranti *input* yang digunakan untuk menangkap citra dalam sistem machine vision (Davies, 2012). Pada implementasinya, kamera visi didesain khusus untuk menyesuaikan sudut pandang serta pencahayaan pada media kerja agar objek yang ingin ditangkap dapat terlihat dengan jelas oleh kamera. Kamera visi bekerja berdasarkan urutan yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Cara Kerja Kamera Visi

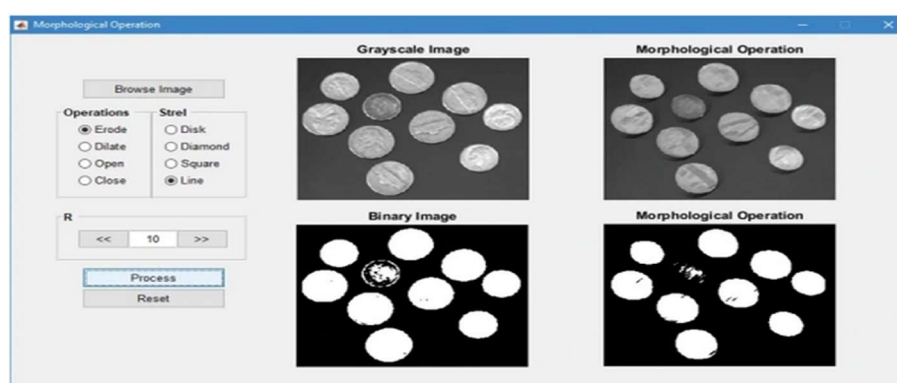
Picture taking (pengambilan gambar) merupakan proses kamera visi mengumpulkan cahaya menggunakan lensa, kemudian sensor di dalam kamera mengubah cahaya tersebut menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh sistem. *Analog to Digital Conversion* merupakan proses perubahan sinyal listrik yang dihasilkan pada proses pengambilan gambar yang merupakan sinyal analog menjadi data digital yang dapat diolah oleh komputer. *Preprocessing* merupakan proses meningkatkan kualitas gambar seperti kontras, kecerahan, atau saturasi warna dari data digital yang didapatkan. *Feature extraction* merupakan proses di mana gambar diekstraksi menggunakan algoritma tertentu, biasanya fitur yang diekstraksi berupa tepi, bentuk, warna, tekstur, atau tergantung kebutuhan. *Image processing* merupakan proses pengenalan objek dari hasil ekstraksi dengan menggunakan berbagai teknik, seperti segmentasi citra, pencocokan pola, dan klasifikasi. *Decision and control* merupakan hasil analisis citra yang akan digunakan untuk pengambilan keputusan berdasarkan tujuan yang telah ditentukan.

2.2.2. *Computer Vision*

Computer vision merupakan teknologi yang memungkinkan komputer melakukan pengolahan visi dengan mengembangkan suatu perangkat lunak. *Computer vision* berfokus kepada pembelajaran tentang *vision* atau citra yang

dikembangkan menggunakan komputer sehingga komputer dapat mengambil informasi didalam citra tersebut (Davies, 2012). Pada *machine vision*, *computer vision* mengambil peran sebagai pengambil informasi didalam citra yang telah ditangkap oleh *webcam*, lalu informasi tersebut dapat digunakan untuk melakukan suatu pengontrolan dengan mengirimkan data atau sinyal kepada kontroller.

2.3. Pengolahan Citra



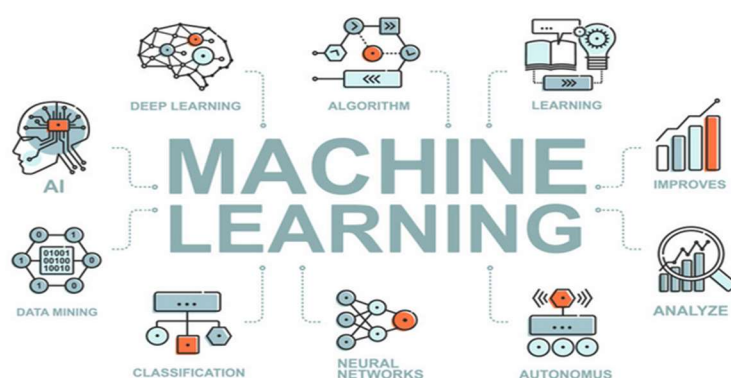
Gambar 2. 5 Contoh *Image Processing*

Citra atau gambar merupakan suatu informasi yang diwujudkan dalam bentuk visual. Citra dapat menyajikan informasi yang lebih banyak dari pada informasi yang disajikan dalam bentuk kata-kata (Wijaya, et al., 2017). Citra tersebut berisi sekumpulan pixel atau titik-titik yang berwarna yang berbentuk dua dimensi (Hutahaean, et al., 2019). Untuk mengambil informasi dalam citra dibutuhkan pengolahan. Proses pengolahan citra disebut pengolahan citra atau *image processing*.

Pengolahan citra merupakan suatu teknik atau metode yang digunakan untuk memproses suatu citra atau gambar untuk mendapatkan informasi tertentu dari gambar tersebut (Putri, 2016). Pengolahan citra yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengubah ukuran citra dan warna citra menjadi *greyscale* sehingga dapat dilakukan *filtering* pada proses *image classification* pada model *machine learning*. Pada penelitian

ini, penulis menggunakan pengolahan citra untuk memproses gambar menjadi citra digital dan melakukan *cropping* serta *scalling* sehingga dapat diolah menggunakan model *machine learning*.

2.4. *Machine Learning*

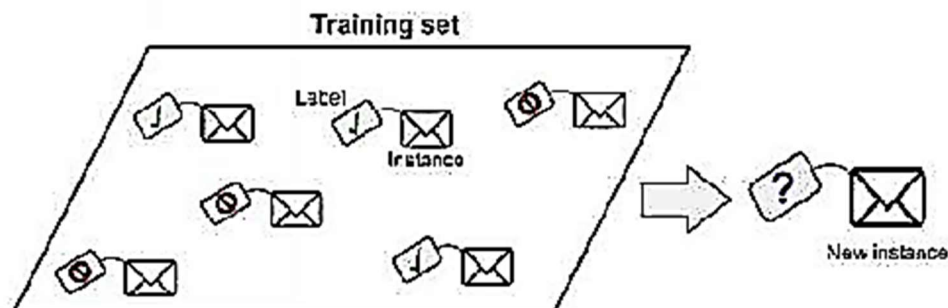


Gambar 2. 6 Ilustrasi Machine Learning

Machine learning adalah suatu algoritma atau pemrograman komputer yang bertujuan untuk belajar dari data, sehingga program komputer tersebut dapat mengenali data yang diberikan (Géron and Russell, 2019). Data yang menjadi acuan belajar dalam machine learning disebut data set, sedangkan data set yang telah dilatih disebut model machine learning. Model machine learning tersebutlah yang nantinya digunakan untuk dapat mengenali label dari suatu data jika program tersebut diberikan data baru yang serupa. Pada penelitian ini, penulis menggunakan model *machine learning* untuk memprediksi gambar, sehingga dapat mengklasifikasikan bentuk benda pada gambar yang akan diprediksi.

Berdasarkan cara data dilatih, *machine learning* dibagi menjadi empat, yaitu *supervised learning*, *unsupervised learning*, *semi-supervised learning*, dan *reinforcement learning* (Géron and Russell, 2019).

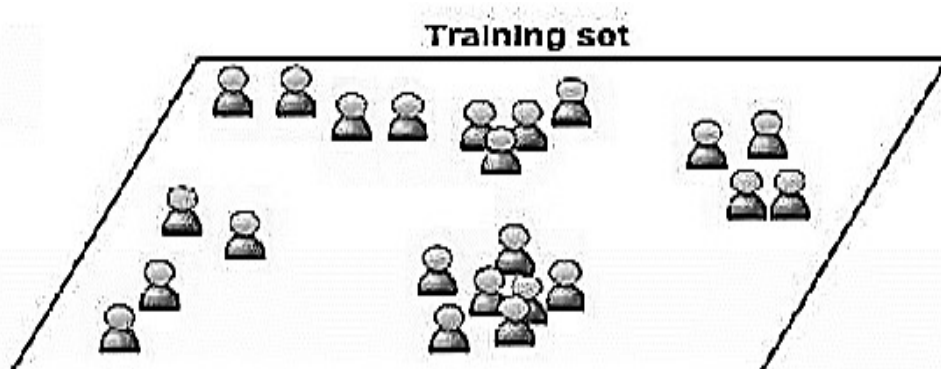
2.4.1. *Supervised Learning*



Gambar 2. 7 Arsitektur Algoritma *Supervised Learning*

Pada algoritma *supervised learning*, data yang akan dilatih perlu diberikan label terlebih dahulu, sehingga diperlukan campur tangan manusia untuk secara manual melakukan pelabelan data berdasarkan kategorinya (Géron and Russell, 2019). Data yang telah dilabel tersebut akan satukan dan dikelompokkan didalam model machine learning sehingga terdapat beberapa kelas yang jumlahnya sesuai dengan banyaknya kategori label datanya. Beberapa contoh *machine learning* yang termasuk kedalam algoritma *supervised learning* yaitu linear regression, neural networks, support vector machines, logistic regression, decision trees and random forests, dan K-nears neighbors.

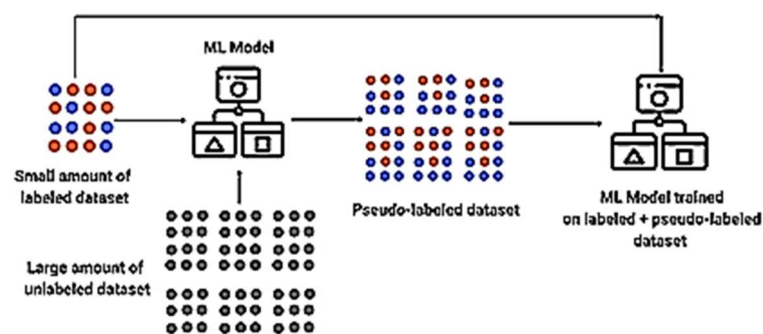
2.4.2. *Unsupervised Learning*



Gambar 2. 8 Arsitektur Algoritma *Unsupervised Learning*

Pada algoritma *unsupervised learning*, data yang dilatih tidak terlabel dan algoritma ini akan secara otomatis mengelompokkan data berdasarkan karakteristik data yang dimasukkan (Géron and Russell, 2019). Beberapa contoh *machine learning* yang termasuk kedalam algoritma *unsupervised learning* yaitu hierarchial cluster analysis, apriori, dan *t-distributed*.

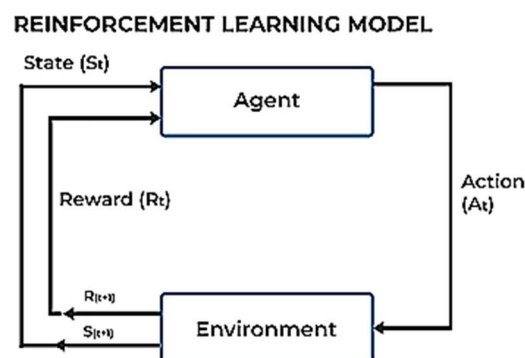
2.4.3. *Semi-supervised learning*



Gambar 2. 9 Arsitektur Algoritma Semi-supervised Learning

Pada algoritma *semi-supervised learning*, data yang dilatih menggunakan data berlabel dan data yang tidak berlabel. Algoritma ini menggabungkan kedua aspek dari algoritma *supervised* dan *unsupervised* untuk mengatasi kekurangan dari kedua algoritma tersebut.

2.4.4. *Reinforcement Learning*

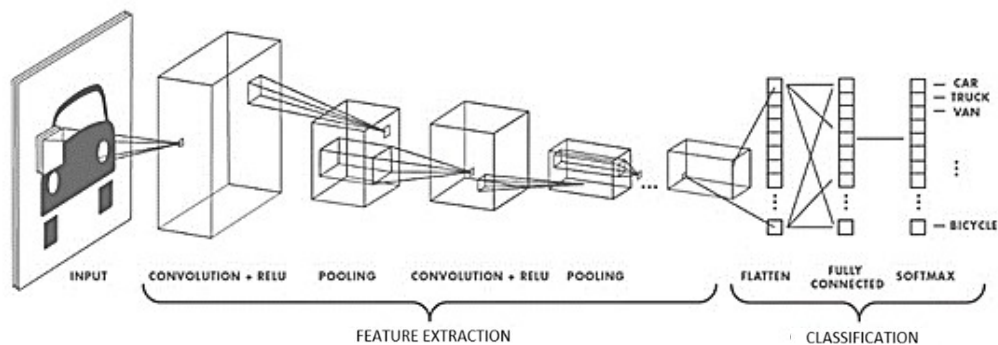


Gambar 2. 10 Arsitektur Algoritma Reinforcement Learning

Pada algoritma *reinforcement learning*, metode pembelajaran data secara signifikan berbeda dengan metode lainnya. Algoritma ini dapat belajar dari data secara otomatis dan tanpa diawasi algoritma dengan mengobservasi lingkungannya sendiri (Géron and Russell, 2019). Reinforcement learning mampu menemukan aksi atau perlakuan untuk menghasilkan *output* terbaik dengan uji coba berulang kali yang didapatkan dari lingkungan yang mempengaruhinya sehingga menambah pengetahuannya agar bisa memecahkan masalah. Proses ini akan terus berlangsung dan mengurangi interaksi atau keterlibatan manusia serta menghemat waktu dalam memecahkan masalah bisnis. Biasanya tipe ini digunakan dalam dunia robotik, navigasi, dan develop game.

2.5. *Neural Network* (NN)

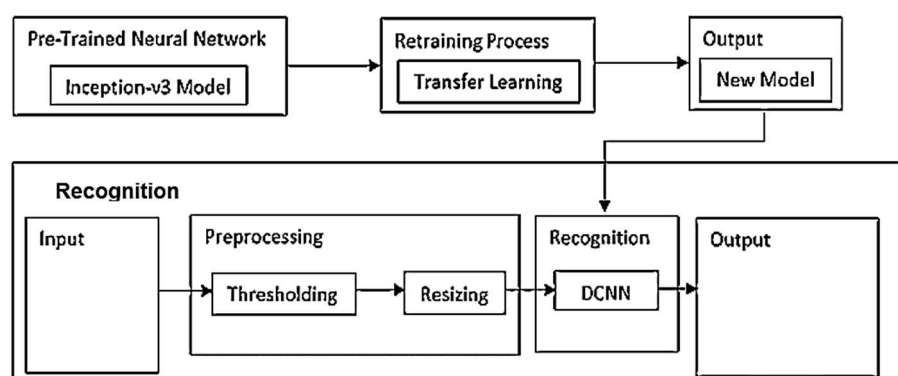
Neural Network merupakan salah satu algoritma *deep learning* dalam *machine learning* yang dirancang sebagai pengolah data dalam format dua dimensi seperti gambar dan suara. *Neural Network* berfungsi untuk mengklasifikasi data yang berlabel dengan menggunakan metode *supervised learning* (Salintohe et al., 2022). Karena menggunakan *supervised learning*, dalam membuat model Neural Network membutuhkan data yang telah dipilah secara manual dan dikelompokan berdasarkan labelnya (Ilahiyah and Nilogiri, 2018).



Gambar 2. 11 Arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN)

Pada gambar 2.11 terlihat bahwa CNN memiliki dua jenis layer, yaitu *feature extraction layer* dan *classification layer*. *Fitur extraction layer* terdiri dari *convolutional layer* (layer pertama) dan *pooling layer* (layer kedua) yang fungsinya adalah menerima *input* gambar secara langsung dan memprosesnya dengan mendapatkan suatu *pixel* berdasarkan nilai dari *pixel* itu sendiri untuk dapat menghasilkan *output* berupa vektor yang akan diproses pada layer berikutnya. *Classification layer* akan mentransformasikan vektor dari *output fitur extraction layer* menjadi data satu dimensi dengan tambahan beberapa *hidden layer* yang menghasilkan *output* berupa akurasi kelas untuk klasifikasi (Salintohe *et al.*, 2022).

2.6. *Transfer Learning*



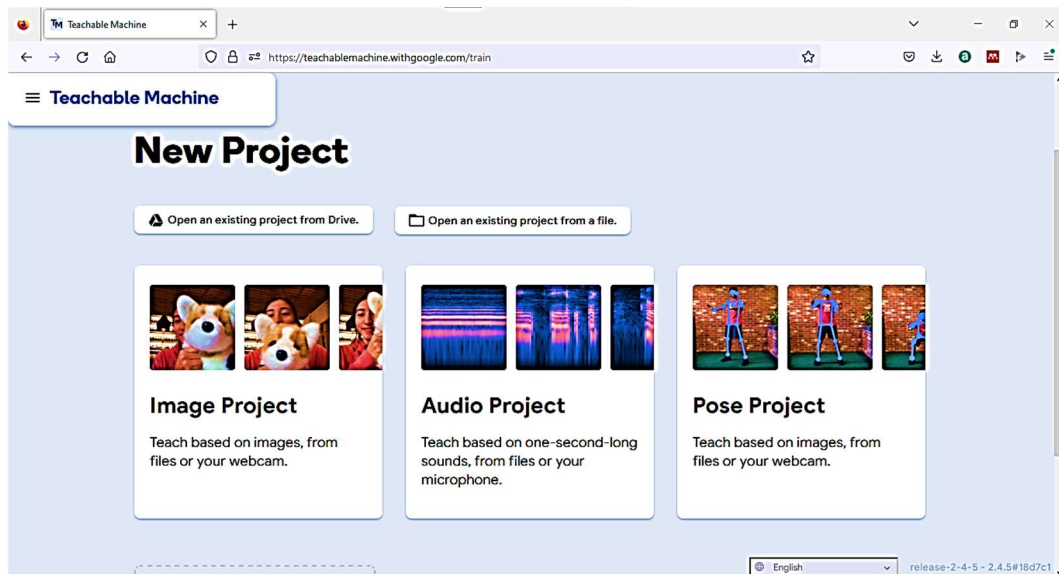
Gambar 2. 12 Arsitektur *Transfer Learning*

Transfer learning adalah teknik untuk membuat model *machine learning* baru dengan menggunakan model *machine learning* pintar yang telah dilatih sebelumnya. Model yang telah dilatih atau ditraining disebut *pretrained model*. Model pintar tersebut dapat digunakan untuk mengklasifikasi *dataset* yang baru sehingga tidak perlu melakukan *training* data dari awal (Fadlur Rochman and Junaedi, 2020). Metode ini sangat membantu pengembang untuk membuat model *machine learning* serupa dengan mengganti data set yang diinginkan, sehingga mempercepat proses pembelajaran data.

Metode *Transfer learning* telah banyak diadopsi oleh berbagai platform seperti *teachable machine*, media pipe, dan lain sebagainya. Platform tersebut telah menawarkan berbagai *pretrained model* yang telah siap pakai dan bersifat open source. Pengembang dapat menggunakan *pretrained model* yang disediakan oleh platform tersebut untuk membuat model baru dengan menambah atau mengurangi jumlah parameter yang merupakan bagian dari model (Abas *et al.*, 2018).

2.7. Teachable Machine

Teachable Machine adalah platform aplikasi yang menyediakan fitur untuk membuat model klasifikasi untuk mempermudah mengembangkan sebuah aplikasi berbasis *machine learning* (Chazar and Rafsanjani, 2022). Aplikasi ini berbasis web dan bersifat *open source*, sehingga dapat diakses melalui berbagai laman web oleh siapa saja tanpa ada biaya insentif untuk menggunakannya.



Gambar 2. 13 *Software Teachable Machine*

Teachable Machine dibuat oleh Google menggunakan teknik *transfer learning* yang di dalamnya terdapat *neural network* yang sudah dilatih sebelumnya (Salintohe *et al.*, 2022). Metode *transfer learning* dapat digunakan untuk menganalisa data tanpa terprogram secara eksplisit. Fitur yang dimiliki Teachable Machine yaitu dapat memproses berupa gambar, suara, dan gerakan. Tujuannya adalah untuk memudahkan pelajar, guru, desainer dan bidang lainnya tentang kecerdasan buatan dengan membuat klasifikasi modelnya sendiri (Chazar and Rafsanjani, 2022). Pada penelitian ini, penulis menggunakan *platform* Teachable Machine untuk membuat model klasifikasi *machine learning* untuk membedakan bentuk objek dari gambar.

2.8. Bahasa Pemrograman *Python*

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi *open source* yang populer dan memiliki berbagai pustaka dengan fungsionalitas yang sangat besar (Wibowo, Al Azies and Suprih Ulama, 2020). *Python* merupakan salah satu bahasa

pemrograman yang sangat populer karena bahasa pemrogramannya mudah dipahami dan mudah dipelajari. *Python* juga sering digunakan dalam memprogram *machine learning*, *data science*, maupun *Internet of Things (IoT)* (Ramadah, Wibawa and Rizal, 2022).

Python memiliki banyak pustaka yang mendukung pengolahan algoritma machine learning seperti *matplotlib*, *tensorflow*, dan lain sebagainya, sehingga pengembang tidak perlu membuat kode dari awal. Selain itu, python dapat berjalan pada berbagai platform sistem operasi seperti windows, linux, macOS, dan lain sebagainya.

2.9. Protokol Komunikasi ModBus

ModBus adalah protokol komunikasi data yang dikembangkan oleh modicon pada tahun 1979. Protokol komunikasi ini merupakan protokol komunikasi universal yang telah banyak diadopsi kedalam sistem kontrol di Industri (Hittanagi, et al., 2017) Protokol modbus ini merupakan protokol open source yang didukung oleh berbagai merek PLC dan peralatan kontrol lainnya, sehingga mempermudah untuk mengkomunikasikan berbagai PLC dan device dari merek yang berbeda. Terdapat beberapa jenis protokol modbus yang dapat digunakan, yaitu ModBus RTU, ModBus ASCII, dan ModBus TCP. Pada penelitian ini, protokol modbus yang digunakan untuk komunikasi antara Raspberry Pi, PLC, dan HMI adalah ModBus TCP.

Modbus TCP atau yang biasa dikenal dengan modbus TCP/IP adalah protokol modbus yang menggunakan komunikasi TCP/IP dengan media Ethernet. Modbus

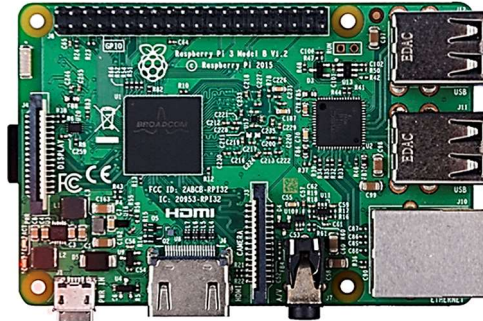
TCP berjalan pada *layer* aplikasi TCP/IP sebagai metode untuk merepresentasikan data. Modbus TCP menanamkan *frame* data modbus standar ke dalam *frame* TCP tanpa *checksum* yang berisi *Modbus Application Protocol* (MPAP) dan *Protocol Data Unit* (PDU). Pada modbus TCP menggunakan model komunikasi *client/server*, dimana *master* bertindak sebagai *client* dan *slave* sebagai *server* (Tosin, 2021).

Protokol modbus menggunakan aturan pengalamatan sebagai cara mengirim dan menerima data. Pengalamatan dalam modbus dibagi berdasarkan kode fungsi yang digunakan. Berikut adalah tabel pengalamatan dan kode fungsi modbus.

Tabel 2. 1 Pengalamatan dan Kode Fungsi Modbus

Kode Fungsi	Alamat	Ukuran Data	Akses	Keterangan
01	1-9999	Single Bit	Read/Write	Coils
02	10001-19999	Single Bit	Read Only	Discrete <i>Input</i>
03	30001-39999	16-Bit Word	Read Only	<i>Input</i> Register
04	40001-49999	16-Bit Word	Read/Write	Holding Register

2.10. Raspberry Pi 3



Gambar 2. 14 Raspberry Pi 3

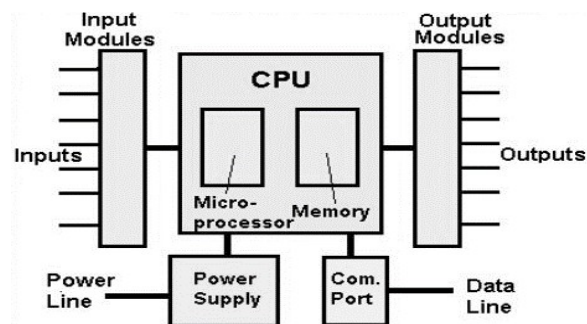
Raspberry Pi merupakan *mini PC* atau komputer yang berukuran kecil dengan fitur-fitur layaknya sebuah komputer lengkap, menggunakan SoC (*System-on-a-chip*) ARM yang dikemas dan diintegrasikan di atas PCB (Pratama, 2019). Raspberry pi dirancang mempunyai *input* dan *output* atau *General Port Input Output* (GPIO). Jika dibandingkan dengan mikrokontroler lain, Raspberry Pi memiliki *port* untuk koneksi USB, *keyboard*, *mouse*, dan HDMI. Adapun fitur dasar yang terdapat pada board Raspberry Pi 3 antara lain seperti HDMI, video analog (RCA port), audio output, 2 buah port USB digunkan untuk *keyboard* dan *mouse*, 12 pin I/O digital, CSI port (*Camera Serial Interface*), DSI (*Display Serial Interface*), port LAN, dan slot SD card.

2.11. Programmable Logic Controller (PLC)



Gambar 2. 15 PLC Tipe *Compact*

Programmable Logic Controller (PLC) adalah peralatan kontrol yang dapat diprogram berbasis mikroprosesor dengan dilengkapi memori untuk menyimpan instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, pengurutan (*sequencing*), pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*), dan aritmatika (Vinet and Zhedanov, 2011). PLC bekerja dengan mengolah *input* dan melakukan komputasi berdasarkan program yang telah disisipkan, sehingga dapat menghasilkan *output* seperti alur sistem yang diinginkan (Apriyanto, 2015). PLC memiliki minimum sistem yang didesain untuk bekerja pada lingkungan industri, sehingga PLC tahan terhadap getaran, panas, kelembaban, serta memiliki respon sistem yang cepat.

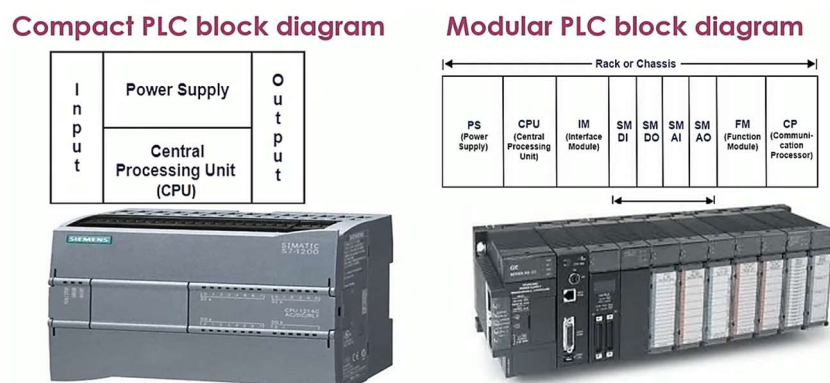


Gambar 2. 16 Komponen Utama PLC

1. CPU (*Central Processing Unit*) adalah perangkat berisi mikroprosesor yang berfungsi untuk menafsirkan sinyal *input* dan melakukan tindakan pengontrolan sesuai dengan program yang dijalankan serta berfungsi untuk mengkomunikasikan keputusan sebagai sinyal tindakan ke *output*.
2. *Power Supply Unit* (unit catu daya) pada PLC berfungsi sebagai unit yang mengubah listrik AC menjadi listrik DC yang dibutuhkan untuk prosesor dan rangkaian di dalam modul PLC.
3. *Programming Device* pada PLC berfungsi untuk menyisipkan program yang dibuat ke dalam memori prosesor yang ada pada PLC.

4. *Memory Unit* pada PLC berfungsi sebagai tempat penyimpanan program yang telah dibuat untuk nantinya digunakan sebagai tindakan kontrol yang akan dilakukam oleh mikroprosesor dan memori menyimpan data dari *input* untuk diproses serta data untuk *output* mengeluarkan tindakan.
5. *Input/Output* adalah bagian prosesor menerima informasi dari perangkat eksternal dan mengkomunikasikan informasi ke perangkat eksternal lainnya.
6. *Communication Interface* pada PLC berfungsi untuk menerima dan mengirimkan data pada jaringan komunikasi dari atau ke PLC. *Interface* ini berkaitan dengan tindakan seperti verifikasi perangkat, akuisisi data, sinkronisasi antara aplikasi pengguna dan manajemen koneksi.

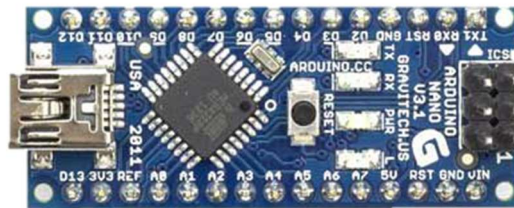
Pada umumnya, PLC dibagi menjadi dua tipe, yaitu PLC tipe compact dan PLC tipe modular. PLC tipe compact memiliki berbagai modul yang telah *build-in* didalam satu PLC. Modul-modul tersebut diantaranya seperti modul kontrol, power supply, digital I/O, dan lain sebagainya. Sedangkan PLC tipe modular memiliki modul-modul yang saling terpisah dan pengguna harus menambahkan modul yang dibutuhkan pada rack control PLC (Bolton, 2006).



Gambar 2. 17 PLC Compact dan Modular

Pada gambar 2.17 diatas, terlihat bahwa plc compact memiliki bentuk yang lebih ringkas karena didalamnya sudah lengkap terdapat komponen PLC. PLC compact cocok digunakan untuk sistem yang relatif lebih kecil dan membutuhkan I/O dalam jumlah tertentu. sedangkan, pada PLC tipe modular user membutuhkan beberapa modul untuk dapat menggunakan PLC tersebut. PLC modular ini digunakan pada sistem yang lebih besar dan membutuhkan I/O yang lebih banyak (Bolton, 2006).

2.12. Arduino Nano



Gambar 2. 18 Arduino Nano

Arduino Nano adalah *development board* atau papan pengembang yang berisi minimum sistem untuk mikrokontroler ATmega328P. Arduino Nano telah memiliki port untuk programming serta disuplai dengan masukan tegangan 5-12 Volt (Salim, Saragih and Hidayat, 2020). Arduino nano memiliki 14 pin digital dengan 6 pin diantaranya memiliki fitur PWM dan 8 pin analog dengan resolusi 1 byte. Pemrograman mikrokontroller ini menggunakan *software* arduino IDE menggunakan bahasa C++ yang disederhanakan dan disesuaikan untuk arduino. Pada penelitian ini, penulis menggunakan arduino nano sebagai driver penggerak pusher yang menggunakan servo sehingga dapat merepresentasikan cara kerja dari aktuator pusher yang menggunakan pneumatic.

2.13. HMI (*Human Machine Interface*)



Gambar 2. 19 HMI (*Human Machine Interface*)

HMI (*Human Machine Interface*) merupakan perangkat yang berguna untuk memonitoring kinerja mesin. HMI menjembatani interface antara manusia dengan mesin. Manusia sebagai operator mesin dapat dengan mudah mengetahui kinerja mesin melalui tampilan yang terdapat pada HMI. Pada HMI juga terdapat visualisasi pengendali mesin berupa tombol, slider, dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengendalikan mesin sebagaimana mestinya. Selain itu dalam HMI juga ditampilkan alarm jika terjadi kondisi bahaya dalam sistem. Sebagai tambahan, HMI juga menampilkan data-data rangkuman kerja mesin termasuk secara grafik (Haryanto and Hidayat, 2016).

2.14. *Belt Conveyor*



Gambar 2. 20 *Conveyor Belt*

Conveyor merupakan salah satu peralatan yang digunakan untuk mengangkut atau memindahkan benda dari satu tempat ke tempat lainnya. *Conveyor* banyak

digunakan di dunia industri karena memudahkan proses produksi. Terdapat berbagai jenis *conveyor* salah satunya adalah *belt conveyor*.

Belt conveyor digunakan sebagai sarana transportasi di dunia industri yang fungsinya untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan menurunkan biaya produksi (Fauji, 2019).

2.15. *Linear Actuator*



Gambar 2. 21 Linear Actuator

Linear actuator merupakan alat yang dapat bergerak maju maupun mundur secara linier. *Linear actuator* dapat berfungsi untuk mendorong atau menarik benda. Aktuator ini dirancang untuk menggantikan perangkat *pneumatic* atau *hidrolic* yang digunakan sebagai silinder (Hermawan and Rochardjo, 2022).

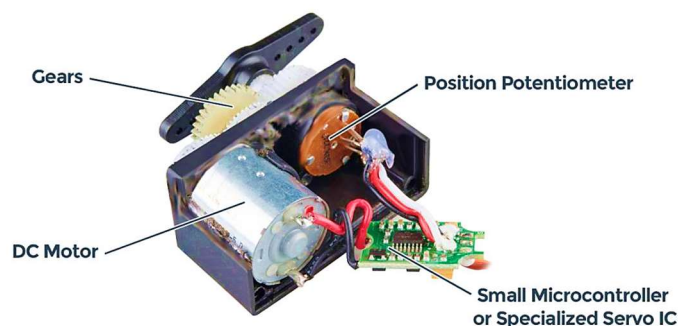
2.16. Motor DC



Gambar 2. 22 Motor DC

Motor DC adalah motor yang membutuhkan catu daya berupa listrik DC. Kontruksi utama motor dc magnet permanen adalah stator dan rotor. Stator merupakan bagaian motor yang diam sedangkan rotor merupakan bagian motor yang bergerak. Didalam stator terdapat magnet permanen yang berfungsi sebagai pembentuk medan magnet utama pada motor. Pada rotor, berisikan kumpulan kumparan yang berfungsi untuk membangkitkan medan elektromagnet jika diberikan catu daya. Selain itu, pada motor dc magnet permanen terdapat slip ring yang merupakan terminal kumparan-kumparan pada rotor agar dapat terus terhubung dengan catu daya meskipun dalam keadaan berputar. Ketika motor diberikan catu daya, medan elektromagnetik pada kumparan motor akan terbentuk. Medan magnet yang terbentuk tersebut akan berinteraksi dengan medan magnet dari magnet permanen sehingga menghasilkan gaya. Kontruksi motor DC dibuat sedemikian rupa sehingga gaya tersebut dapat memutar rotor pada motor (Nugroho and Agustina, 2015)

2.17. Motor Servo



Gambar 2. 23 Bagian-Bagian Motor Servo SG90

Motor servo adalah motor yang dilengkapi dengan sistem *closed feedback* yang mendeteksi posisi dari rotor motor untuk diinformasikan kembali ke rangkaian

kontrol yang ada di dalam motor servo, sehingga posisi dari putaran motor dapat dikontrol. Salah satu motor servo yang kerap digunakan untuk membuat alat prototipe adalah motor servo mini arduino. motor ini terdiri dari sebuah motor, rangkaian gear, potensio, dan rangkaian kontrol. Potensio pada servo berguna untuk menentukan batas sudut putaran servo serta memerikan umpan balik pada rangkaian kontrol untuk mengetahui posisi rotor. Pada motor servo arduino, cara mengontrol sudut rotornya adalah dengan memberikan nilai pwm pada pin signal servo (Sitohang, Mamahit and Tulung, 2018).

Pada umumnya, motor servo dibagi menjadi 2 jenis, yaitu motor servo standar dan motor servo *Continuous*. Motor servo tipe standar hanya mampu berputar 180 derajat sedangkan motor servo *continuous* dapat berputar sebanyak 360 derajat. Motor servo standar umumnya digunakan pada robotika seperti robot arm dan berbagai robot lainnya, sedangkan motor servo *continuous* umumnya digunakan pada sistem robot *mobile* yang membutuhkan putaran sudut lebih banyak (Lestari, Satrianansyah and Mutia, 2019).

2.18. Webcam



Gambar 2. 24 Webcam

Webcam atau *webcam* web adalah *webcam real-time* yang hasilnya dapat diakses melalui WWW (*World Wide Web*) dan aplikasi lainnya yang terhubung dengan komputer melalui *port* USB maupun melalui *port* COM (PERKASA, 2019). Web cam sering digunakan untuk melakukan konferensi online menggunakan aplikasi virtual meeting seperti zoom, google meet, dan lain sebagainya. Selain itu, web cam juga dapat digunakan untuk menjadi *webcam* laptop ataupun komputer, sehingga pengguna dapat mengambil gambar melalui laptop atau komputer dengan hasil gambar yang lebih baik. Hasil dari *webcam* berupa gambar yang dapat diolah secara digital atau sebagai bahan penelitian (Nugroho, Kurniawan and Saidatin, 2019). Pada penelitian ini, penulis menggunakan *webcam* logitech sebagai *webcam* yang digunakan untuk menangkap gambar objek sehingga dapat diolah di dalam *computer vision* dengan mengubungkannya melalui port USB.

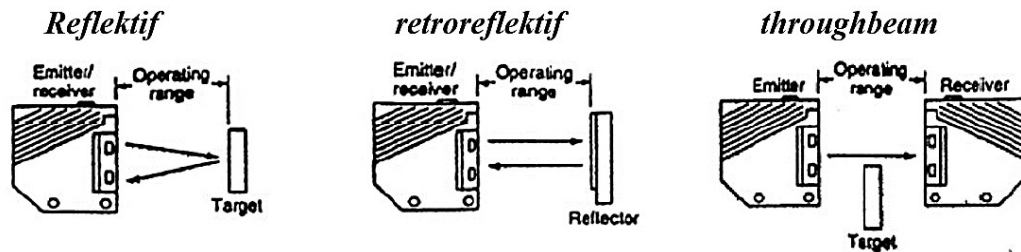
2.19. *Photoelectric Sensor*



Gambar 2. 25 *Photoelectric Sensor* tipe reflektif

Photoelectric sensor adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan suatu objek berbentuk padat. Prinsip kerja sensor ini adalah memanfaatkan cahaya yang dipancarkan oleh sensor melalui transmitter dan mendeteksi benda ketika ada benda yang menghalangi cahaya dari transmitter ke

receiver. Receiver merupakan bagian sensor yang peka terhadap intensitas cahaya (Abu Bakar *et al.*, 2020).



Gambar 2. 26 Jenis-Jenis *Photoelectric Sensor*

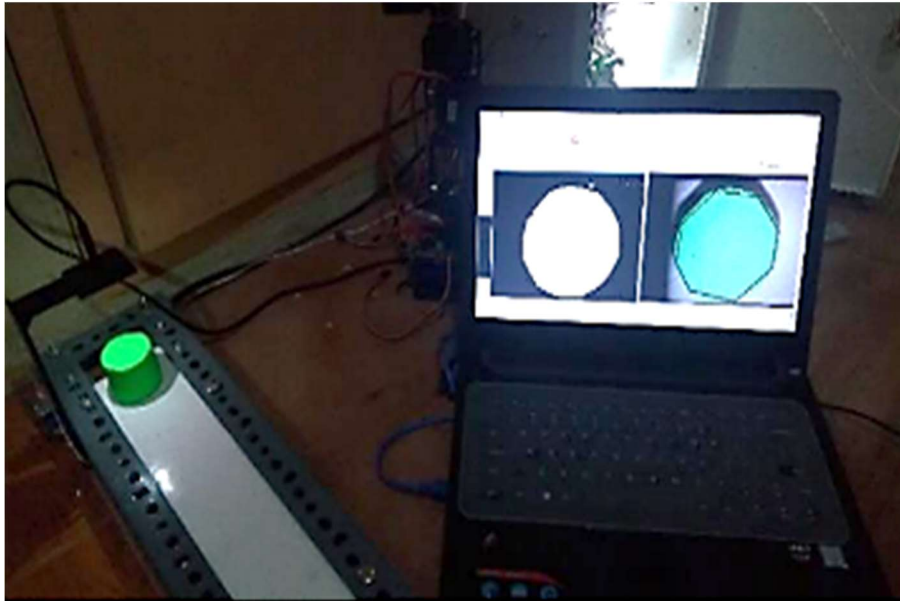
Berdasarkan cara kerjanya, *photoelectric sensor* memiliki 3 jenis yaitu, tipe *retroreflektif*/difusi, tipe *reflektif*, dan tipe *throughbeam*/transmisi. Sensor tipe *retroreflektif* bekerja dengan transmitter dan receiver menjadi satu kesatuan dan mendeteksi berdasarkan pantulan cahaya dari benda. Tipe refleksi bekerja dengan memanfaatkan pantulan reflektor di sisi sensor dan mendeteksi adanya sinyal yang terdistorsi oleh benda. Sedangkan, tipe transmisi bekerja dengan posisi transmitter dengan receiver yang ditempatkan terpisah dan mendeteksi benda berdasarkan terblokirnya cahaya oleh benda di area deteksi (Abu Bakar *et al.*, 2020). Pada penelitian ini, penulis menggunakan *photoelectric sensor* dengan tipe refleksi.

2.20. Penelitian Terkait



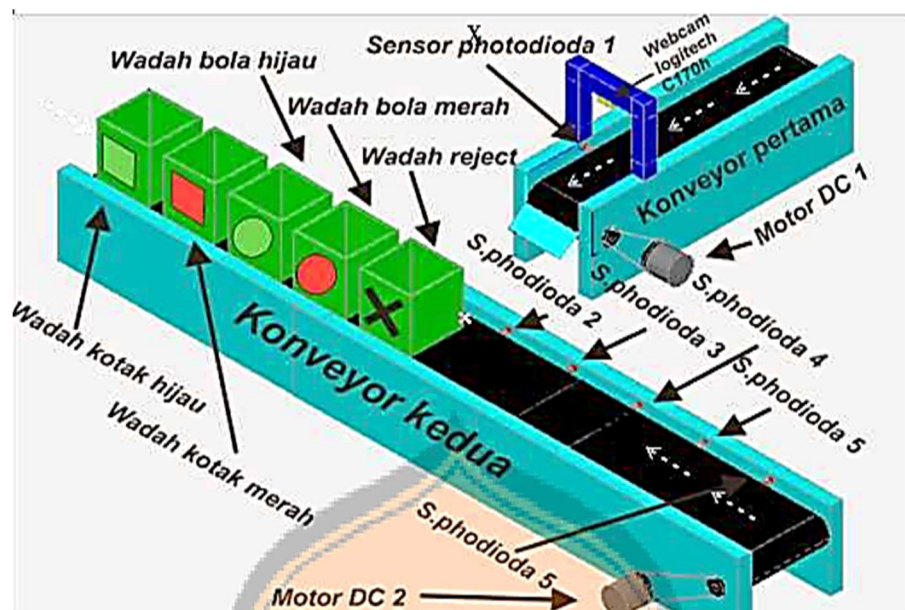
Gambar 2. 27 Penelitian Aplikasi Computer Vision Pada Lengan Robot Pemindah Benda Berdasarkan Objek Benda

Penelitian oleh Yoshua Adhi Perkasa mengenai aplikasi *computer vision* pada lengan robot pemindah benda berdasarkan objek benda (PERKASA, 2019). Penelitian ini merancang sistem untuk memindahkan benda bulat ke dalam wadah yang telah ditata ditempat yang ditentukan menggunakan lengan robot yang dilengkapi dengan *computer vision*. *Computer vision* disini berfungsi untuk mengenali bentuk wadah pada tempat yang ditentukan, sehingga mengetahui benda bulat akan diletakan pada posisi wadah yang tepat. Metode pengenalan bentuk benda pada penelitian ini menggunakan metode deteksi tepi. Hasil dari deteksi tepi tersebut digunakan untuk menghitung luas area didalam kontur sehingga dapat digunakan untuk membedakan bentuk wadah kotak dan silinder.



Gambar 2. 28 Penelitian Pengendalian Robot Lengan Pemilah Benda Berdasarkan Bentuk Menggunakan Teknologi Computer Vision

Penelitian oleh Hanif Septyan Nu'man, Yusuf Sofyan dan Adnan Rafi Al Tantawi mengenai pengendalian robot lengan pemilah benda berdasarkan bentuk menggunakan teknologi *computer vision* (Septyan, Sofyan and Al Tahtawi, 2020). Penelitian ini merancang sistem untuk menyortir benda berdasarkan bentuk dengan menggunakan lengan robot yang dilengkapi dengan Computer Vision. pada sistem yang dirancang ini, dilatih untuk mengenali bentuk segitiga, persegi, dan lingkaran. Ketika ketiga bentuk tersebut terdeteksi pada area pendeteksian, maka lengan robot akan memindahkan benda tersebut ke tempat pengumpulan benda. Metode pengenalan bentuk benda pada penelitian ini menggunakan perhitungan luas area kontur yang dihasilkan dari segmentasi warna HSV (*Hue, Saturation, dan Value*) sehingga terdapat perbedaan secara kontras antara warna objek dengan warna latar belakang.



Gambar 2. 29 Penelitian Prototipe Pemilah Benda Berdasarkan Bentuk Dan Warna Menggunakan Conveyor

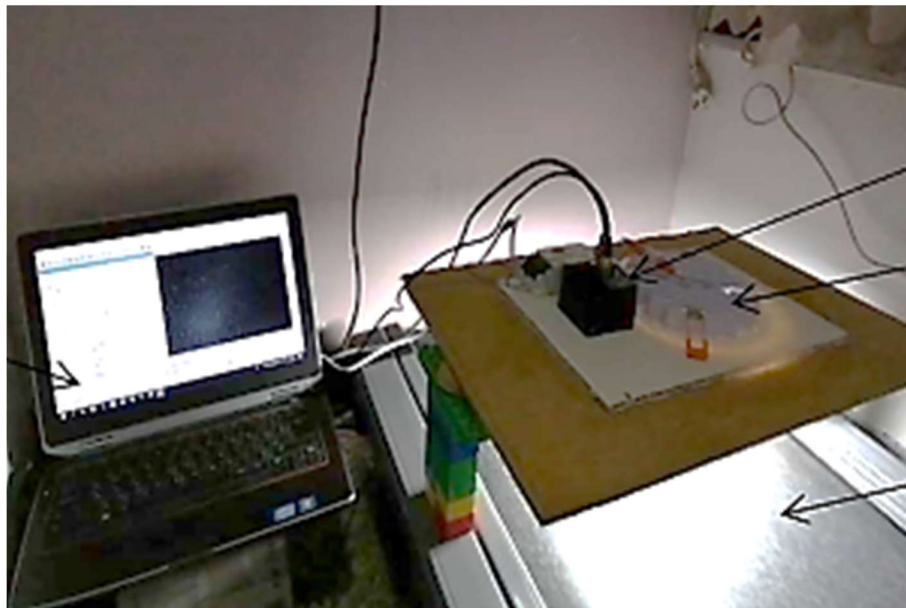
Penelitian oleh Erik Firmanto Da Loves mengenai Prototipe Pemilah Benda Berdasarkan Bentuk dan Warna Menggunakan *Conveyor* (Loves, 2017). Penelitian ini merancang sistem penyortiran benda berdasarkan bentuk dan warna menggunakan sistem konveyor. Pada sistem yang dirancang ini, wadah yang diberikan gambar bentuk dan warna benda, akan ditangkap dengan *webcam* dan diolah untuk mengenali bentuk dan warna pada gambar tersebut. Ketika komputer telah mengolah dan mengenali bentuk dan warnanya, konveyor yang membawa benda sesuai dengan yang tertera pada wadah akan menyala hingga benda tersebut masuk kedalam wadah. Metode pengenalan bentuk dan warna pada sistem ini menggunakan metode yang berbeda. Untuk pengenalan warna benda, penelitian ini menggunakan perhitungan *matrix real* yang ada pada gambar yang ditangkap. Setiap warna memiliki jumlah *matrix real* yang berbeda, sehingga dapat digunakan

untuk mengenali warna. Sedangkan, untuk pengenalan bentuk benda penelitian ini menggunakan metode perhitungan luas area pada kontur benda.



Gambar 2. 30 Penelitian Deteksi Benda Berdasarkan Bentuk dan Dimensi pada Mesin Pemisah Barang

Penelitian oleh Riwan Dony Sitorus mengenai pendeteksi benda berdasarkan bentuk dan dimensi pada mesin pemisah barang (Sitorus, 2018). Penelitian ini merancang sistem pemilahan benda berdasarkan bentuk. Bentuk yang dideteksi pada penelitian ini adalah kotak, segitiga, dan lingkaran dengan menggunakan fitur pada LabView yaitu *vision assistant*. Pendeteksian bentuk pada penelitian ini menggunakan metode *shape matching*, yaitu dengan mencocokkan bentuk benda yang ditangkap oleh *webcam* dan dicocokkan dengan bentuk berdasarkan *template* yang menjadi referensi pada fitur *vision assistant*.



Gambar 2. 31 Penelitian *Design and Sorting of An Object Identification on Machine Vision by Using Line Scan Camera*

Penelitian oleh Zeravan M. Mosa dan Prof. Dr. Erhan Akin (M. Mosa and Akin, 2021). Pada penelitian ini, peneliti membuat sistem yang dapat menyortir dan menghitung benda berdasarkan bentuknya. Metode yang digunakan untuk membedakan benda adalah dengan *template matching* dengan objek dasar yang menjadi referensi untuk pendeteksian. Citra objek dalam sistem ini ditangkan dengan *line scan camera* yang diteruskan ke komputer untuk diproses menggunakan *software matlab*.

Dari penelitian-penelitian di atas, masing-masing penelitian memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing dalam melakukan pendeteksian benda. Hal tersebut menjadi referensi penelitian ini untuk mengembangkan sistem pengenalan bentuk yang lebih efisien dari pada terdahulu. Dari penelitian-penelitian tersebut, penulis mempunyai gagasan untuk membuat sistem penyortiran benda otomatis berdasarkan bentuk dengan menggunakan metode *image clasification* pada

proses pendeteksian bentuk benda. Pengolahan yang digunakan untuk melakukan *image clasification* adalah dengan *transfer learning*, yaitu dengan menggunakan model *machine learning* pintar yang telah dilatih untuk melakukan prediksi pada gambar yang ditangkap oleh *webcam*. Proses pemilahan pada penelitian ini berjalan secara otomatis berbasis PLC menggunakan *conveyor* dan *pusher* sebagai pemilah dan *webcam* sebagai pendeteksi bendanya.