

Perancangan Awal Sistem *Automatic Self-Checkout* Untuk Produk Buah Berbasis CNN dan Sensor Berat Loadcell

¹Wafi Faisal Falah, ^{1*}Levin Halim, ¹Nico Saputro

¹Department of Electrical Engineering, Mechatronics Program, Parahyangan Catholic University, Bandung, Indonesia
e-mail: halimlevin@unpar.ac.id

Abstrak

Sistem *check-out* merupakan salah satu sistem yang paling penting ketika kita melakukan pembelian pada suatu tempat perbelanjaan, pertokoan, supermarket, maupun mini-market. Mengenal berbagai jenis buah adalah salah satu masalah yang dihadapi untuk melakukan pembayaran khususnya di supermarket dan toko buah, karena kasir harus menunjukkan pelabelan kategori dan berat dari buah tertentu untuk menentukan harganya. Pada penelitian ini, dilakukan sebuah perancangan yang memanfaatkan *Deep Learning* dalam bidang *image processing* atau pengolahan citra digital memanfaatkan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) memanfaatkan RaspberryPi3. Pada tahap pembuatan sistem klasifikasi yang menggunakan *deep learning* terdapat beberapa tahapan proses utama yaitu pengumpulan dataset, perancangan sistem, *training*, dan melakukan *testing* untuk melihat hasil model CNN yang dirancang. Dataset yang diolah adalah dataset citra buah-buahan yang berasal dari dataset *Fruits-360*. Hasil dari proses learning didapatkan model CNN dengan akurasi 100% dan *loss* sebesar $\leq 0,026$. Hasil model CNN yang sudah dilakukan akan digabungkan dengan sensor *loadcell* yang diharapkan dapat digunakan sebagai *automatic self-checkout* khususnya untuk buah-buahan. Proses kalibrasi pada sensor pengukuran berat *loadcell* dilakukan untuk menentukan berat buah-buahan dengan membandingkan dengan hasil timbangan digital. Hasil dari pengukuran kalibrasi *loadcell* didapatkan hasil dengan toleransi kesalahan 0,2 gram.

Kata kunci: *Convolutional Neural Network, Image Processing, Loadcell, Raspberry Pi 3*

Abstract

The check-out system is one of the most important systems when we make purchases at a shopping center, shops, supermarkets, or mini markets. Determining different types of fruit is one of the problems faced in making payments, especially in supermarkets, because cashiers must determine the category labeling and weight of a particular fruit to determine the price. In this research, a design is proposed which utilizes Deep Learning in the field of image processing using the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm utilizing RaspberryPi3. In making a classification system that uses deep learning, there are several main process stages, such as dataset collection, system design, training, and testing to see the results of the designed CNN model. The processed dataset in this research is a fruit image dataset derived from the Fruits-360. The results of the learning process obtained CNN models with 100% accuracy and loss of ≤ 0.026 . The results of the CNN model that has been carried out will be combined with the load cell sensor which is expected to be used as an automatic self-checkout, especially for fruits. On the other hand, the calibration process of the loadcell weight measurement sensor is conducted which resulting an error measurement rate of 0.2 grams.

Keywords: *Convolutional Neural Network, Image Processing, Loadcell, RaspberryPi3*

Diterima Maret 2023
Disetujui Mei 2023
Dipublikasi Juni 2023

©2023 Wafi Faisal Falah, Levin Halim, Nico Saputro
Under the license CC BY-SA 4.0

PENDAHULUAN

Prosedur otomatisasi untuk pelayanan mandiri (*self-checkout*) untuk pasar ritel bukanlah hal baru, sudah ada sejak tahun 80-an (Rigner et al., 2019). Salah satu solusi pelayanan mandiri otomatis yang paling menonjol yaitu dengan solusi memperbolehkan pembeli untuk melakukan pemindaian *barcode* untuk proses pembayaran. Membuat pelanggan dapat memindai produk itu sendiri, untuk dapat menghilangkan kebutuhan akan kasir di setiap pos pembayaran. Namun, cara ini membutuhkan kepercayaan kepada pelanggan, berharap pelanggan benar - benar memindai semua produk yang sudah dibawa dari toko ritel. Untuk mengatasi hal tersebut toko ritel perlu melakukan pengecekan untuk melihat apakah semua barang telah dipindai oleh pelanggan, tetapi pengecekan ini tidak dapat dilakukan karena dapat menyebabkan penundaan yang signifikan dalam proses pembelian, pelanggan mungkin merasa tidak nyaman karena pelanggan umumnya mengharapkan proses pembayaran yang cepat dan efisien.

Terdapat beberapa penelitian pada perancangan *automatic self-checkout* berbasis arsitektur CNN, namun terdapat 2 (dua) makalah yang menjadi tolak ukur untuk perancangan desain awal ini yaitu, pada makalah (Kim, H., Hong, H., Ryu, G et al., 2021) menunjukkan tahapan proses pembelian pada sistem *automatic self-checkout* menggunakan kamera dan arsitektur CNN untuk menampilkan harga, makalah ini dapat diterapkan untuk menentukan alur sistem pada rancangan. Selanjutnya, pada makalah (femling et al., 2018), terdapat kesalahan pada penempatan kamera, sehingga terdapat risiko tertangkapnya wajah seseorang pada saat melakukan deteksi buah yang berakibat berkurangnya nilai akurasi dalam melakukan klasifikasi, karena proses klasifikasi menggunakan arsitektur CNN sensitif terhadap warna dan bentuk dari suatu objek. Akan tetapi pada makalah tersebut terdapat solusi untuk menggunakan sensor *loadcell* untuk mendeteksi buah yang tidak terlihat dikarenakan tertumpuk oleh buah lain. Sehingga pada rancangan awal ini akan menerapkan solusi dari kedua makalah tersebut dan menyelesaikan masalah yang ada.

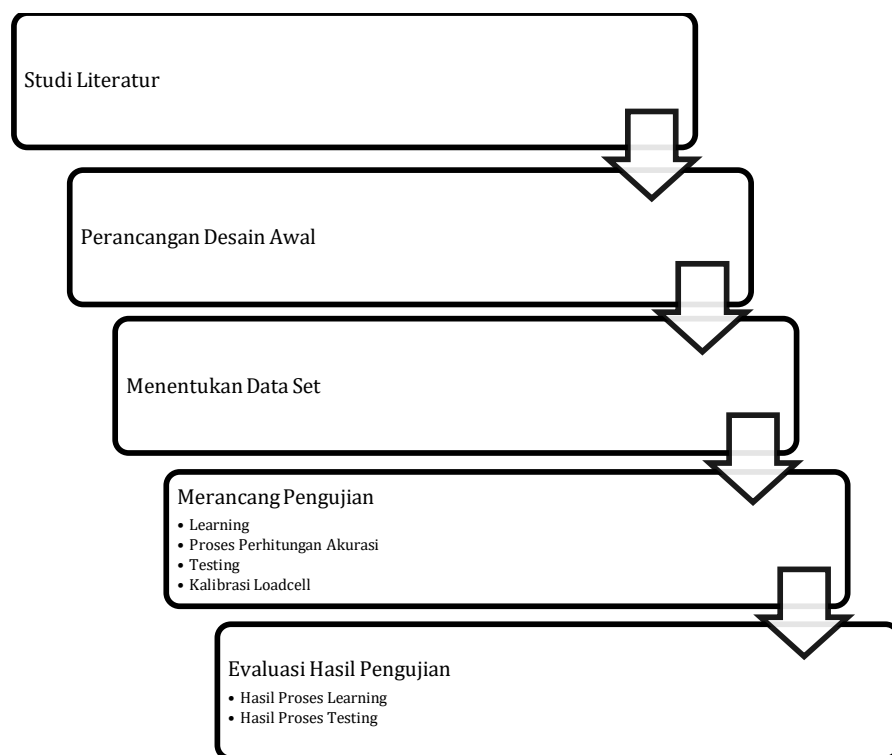
Sehingga pada rancangan awal ini difokuskan pada penggunaan komponen *loadcell* dengan tujuan penambahan informasi berat dan klasifikasi buah yang dihubungkan dengan *loadcell* bertujuan untuk menentukan berat dan jenis buah sehingga sistem dapat menentukan harga total buah yang akan di beli.

Selanjutnya, akan dilakukan perancangan awal sebuah sistem *check-out* otomatis sehingga akan disajikan desain awal, komponen yang akan digunakan serta peletakan komponen pada rancangan *system automatic self-checkout* yang akan dirancang. Selanjutnya, dengan memanfaatkan CNN, akan dievaluasi kinerja klasifikasi jenis buah-buahan. Proses evaluasi ini meliputi analisis kemampuan tingkat akurasi dari

metode *deep learning* dengan menggunakan jenis arsitektur CNN untuk melakukan klasifikasi terhadap produk buah, lalu akan dilanjutkan dengan pengujian keakuratan dari sensor *loadcell* untuk mengukur berat buah. Proses klasifikasi dan pengukuran berat memerlukan akurasi yang tinggi dikarenakan menyangkut dengan proses penjualan produk yang dapat mengurangi kepercayaan pelanggan jika harga yang dihasilkan dari sistem ini memiliki nilai *error* yang cukup tinggi. Tujuan dari analisis ini yaitu agar sistem dapat menghasilkan *output* harga yang sesuai.

METODE

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk Perancangan Awal Deteksi Berbasis CNN dan Pengukuran Berat Buah untuk Sistem *Automatic Self-Checkout* ini diperlihatkan oleh Gambar 1.



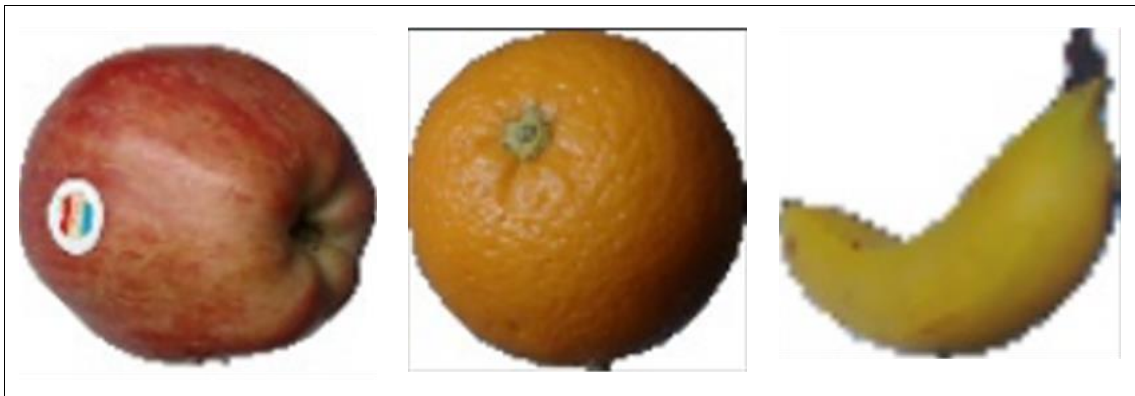
Gambar 1 Flowchart Metode Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk meninjau beberapa referensi sehingga perancangan yang dibuat sesuai dengan kebutuhan untuk menjawab permasalahan yang diangkat. Selanjutnya, desain awal dilakukan untuk mendapatkan gambaran secara kasar penempatan komponen untuk sistem *self-checkout* dengan CNN. Pada perancangan akan dijabarkan detail dari kebutuhan peralatan dan komponen yang dibutuhkan.

Penentuan dataset untuk *deep learning* ditentukan terlebih dahulu yang dibatasi dengan buah-buahan. Kemudian dataset tersebut disiapkan untuk perancangan pengujian yang meliputi proses *learning*, proses perhitungan akurasi, *testing*, dilengkapi juga dengan kalibrasi dari *loadcell*. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dievaluasi baik pada proses *learning* maupun proses *testing* untuk kemudian diambil kesimpulan dari hasil perancangan awal ini.

Dataset

Dataset yang digunakan pada rancangan ini menggunakan dataset yang didapatkan dari internet yang diperoleh dari situs Kaggle (*Fruits 360 | Kaggle*, n.d.). Dataset yang dipakai merupakan dataset 'Fruits-360' yang berisikan citra buah-buahan dengan ukuran 100x100 piksel dengan contoh pada Gambar 2. Dari dataset tersebut hanya diambil beberapa gambar buah, gambar buah yang diambil merupakan buah apel, jeruk dan pisang dengan total data yang dipakai seperti pada Tabel 1.



Gambar 2 Contoh Dataset Fruits-360

Tabel 1 Jumlah Dataset yang Dipakai

No.	Label	Training Dataset	Test Dataset
1.	Apel	460	164
2.	Jeruk	431	160
3.	Pisang	490	166
	TOTAL	1381	490

Learning

Setelah CNN selesai dirancang, maka tahap berikutnya adalah proses *learning* (Arrofiqoh & Harintaka, 2018). Proses *learning* dilakukan agar CNN dapat mengenali objek citra buah-buahan berdasarkan tiap kelas yang diinputkan. Proses *learning* memiliki nilai akurasi dengan parameter keberhasilan pada rancangan ini yang diperlukan nilai akurasi sebesar ≥ 0.99 dan nilai loss ≤ 0.4 untuk proses *learning* terdapat

3 (tiga) parameter yaitu ukuran *batch*, *epoch* dan *validation split*. Parameter tersebut ditentukan melalui metode *trial and error*. Setiap parameter diuji coba pada sebuah jarak tertentu. Untuk *epoch* dilakukan dengan penambahan sebesar 1 dengan jarak 1 hingga 100 untuk setiap iterasi. Ukuran *batch* dilakukan pada jarak 1 hingga 50 dengan perubahan 1 untuk setiap iterasi dan jumlah *validation split* dilakukan pada jarak 0,1 hingga 0,5 dengan penambahan 0,05 setiap iterasi. Setelah dilakukan pengujian pada setiap iterasi didapatkan parameter nilai ukuran *batch* 32, *epoch* 30, dan *validation split* 0,3 untuk mendapatkan hasil maksimal dalam melakukan klasifikasi. Pembagian dataset yang digunakan untuk *training* adalah 73,8% sedangkan untuk jumlah dataset untuk *testing* adalah 26,2% dari total jumlah dataset 1871 gambar.

Proses Perhitungan Akurasi

Proses perhitungan akurasi merupakan variabel yang merepresentasikan hasil dari model yang telah melalui proses CNN sehingga dataset dapat memiliki variabel untuk menentukan parameter keberhasilan klasifikasi citra buah (Sumanto, 2012). Persamaan (1) digunakan untuk melihat variabel akurasi.

$$Akurasi = \frac{Label\ Prediksi}{Jumlah\ Data\ Set} \times 100\% \quad (1)$$

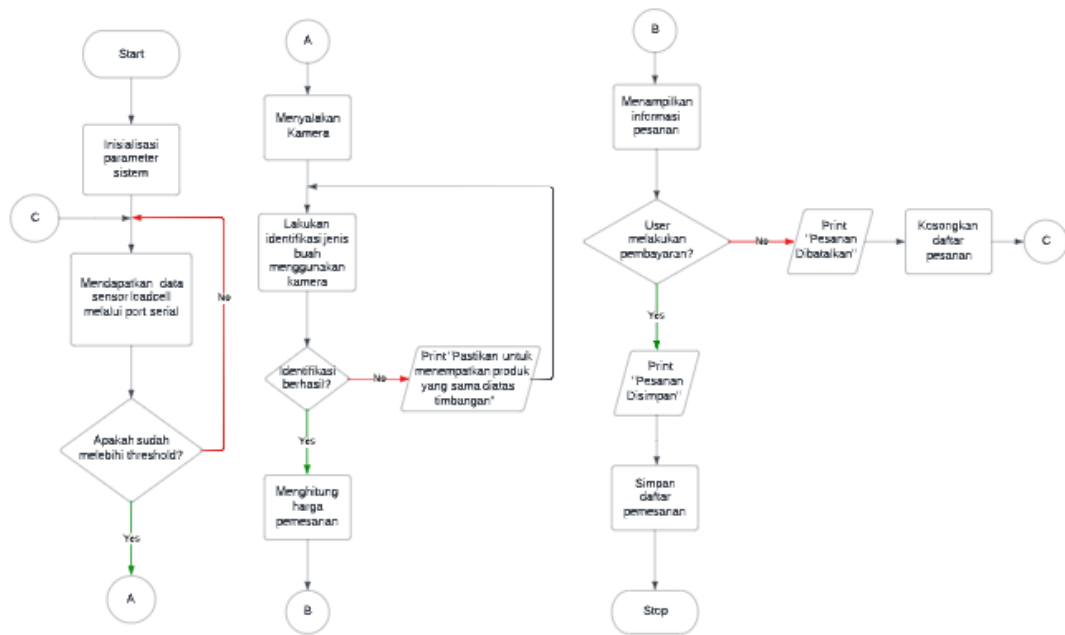
Testing

Proses *testing* merupakan proses terakhir untuk sistem klasifikasi buah menggunakan algoritma CNN (I Wayan Suartika E. P. et al., 2016). Proses *testing* pada rancangan ini menggunakan dataset sebanyak 490 untuk mengidentifikasi setiap masing-masing citra buah apel, jeruk, dan pisang dengan menampilkan model *prediction* untuk melihat hasil klasifikasi.

HASIL

Hasil Perancangan Keseluruhan Sistem

Berikut merupakan *flowchart* keseluruhan cara kerja dari sistem yang akan dirancang pada Gambar 3.



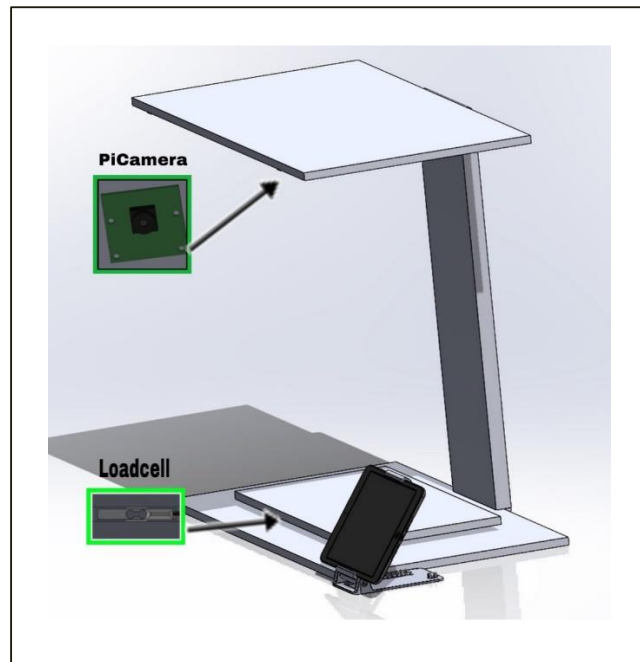
Gambar 3 Flowchart Rencana Keseluruhan Sistem

Berdasarkan *flowchart*, langkah-langkah yang dilakukan untuk perancangan sistem adalah:

1. Langkah pertama, yaitu sistem melakukan inisialisasi parameter sistem. Inisialisasi parameter sistem merupakan kondisi awal dimana belum ada buah yang terdeteksi oleh kamera dan sensor *loadcell* pada kondisi belum mengukur perubahan berat dari *threshold* yang sudah ditentukan.
2. *Loadcell* terdeteksi lebih besar dari *threshold* tertentu, dan kemudian mikrokontroler *Raspberry PI* akan mengenali gambar yang ditangkap oleh kamera secara otomatis dengan memanggil model klasifikasi.
3. Setelah identifikasi berhasil, total harga buah akan dihitung berdasarkan informasi jenis dan berat total buah untuk ditampilkan pada *display* sebagai informasi pemesanan.

Hasil Perancangan Awal

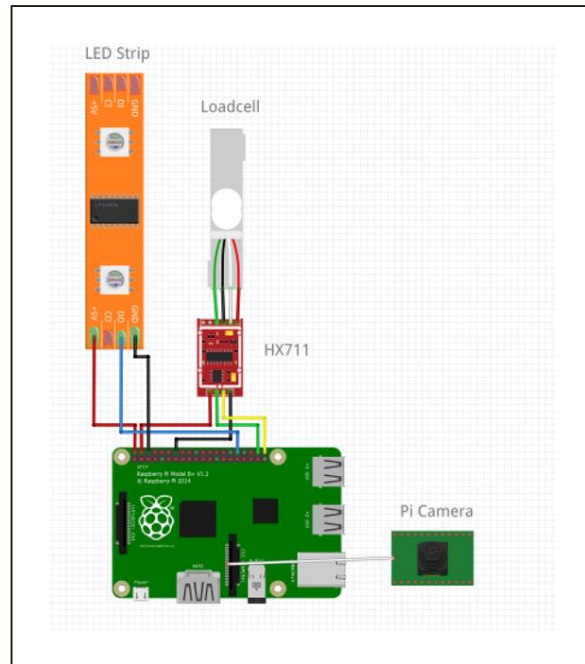
Hasil perancangan awal untuk sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



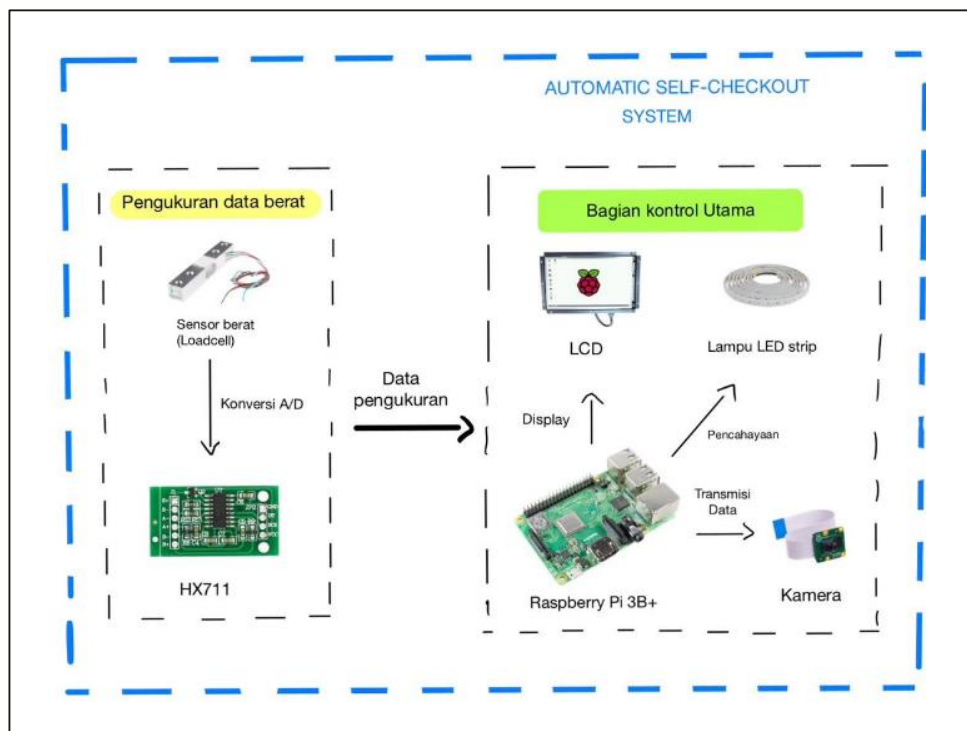
Gambar 4 Perancangan Awal Deteksi Berbasis CNN dan Pengukuran Berat Buah Untuk Sistem Automatic Self-Checkout

Hasil Perancangan Rangkaian Elektrik

Hasil perancangan rangkaian elektrik dapat dilihat pada Gambar 5. Selain itu, Adapun hubungan pada masing – masing komponen dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5 Rangkaian Elektrik Deteksi Berbasis CNN dan Pengukuran Berat Buah Untuk Sistem Automatic Self-Checkout

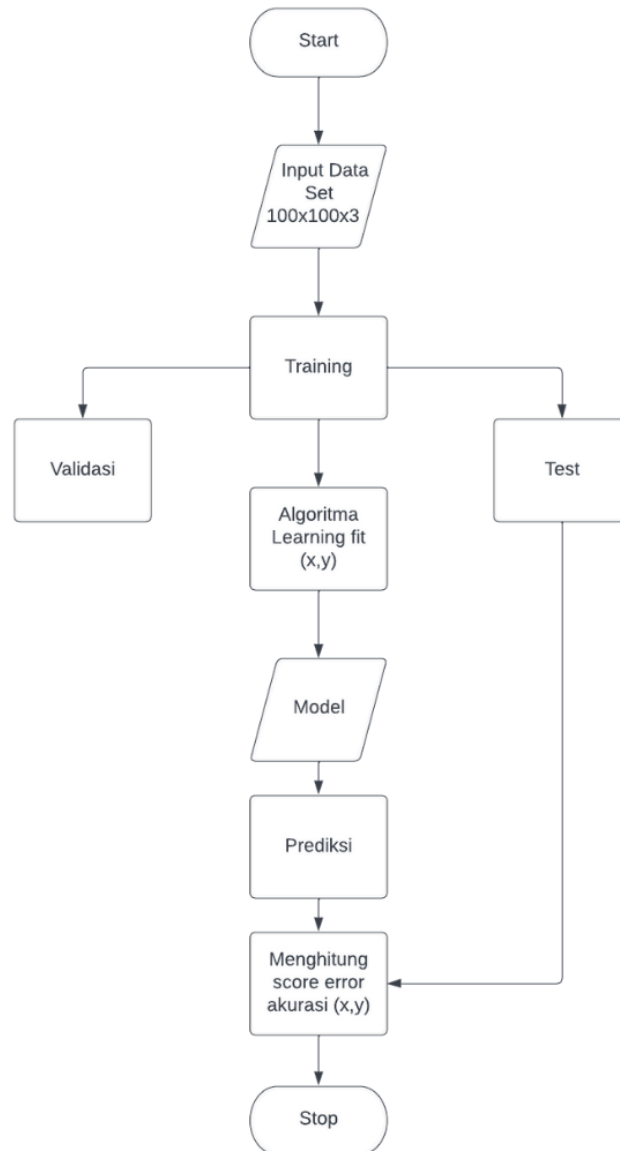


Gambar 6 Fungsi Setiap Komponen yang Digunakan

Algoritma *Convolutional Neural Network*

Proses klasifikasi dilakukan dengan memasukan dataset yang berupa gambar buah apel, jeruk dan pisang. Dataset tersebut dibagi menjadi 3 bagian yaitu, data *training*

merupakan data yang digunakan untuk *training model* menggunakan gambar, berikutnya adalah data validasi digunakan untuk validasi model dan mencegah adanya *overfitting* ataupun *underfitting* dan yang ke-3 (tiga) adalah *testing data* yaitu sebagai simulasi penggunaan model pada dunia nyata. Pada Gambar 7 dapat dilihat proses yang dilakukan hingga sistem dapat mengklasifikasi buah dengan menggunakan dataset.



Gambar 7 Flowchart Proses Klasifikasi Buah Menggunakan CNN

Perancangan Model Convolutional Neural Network

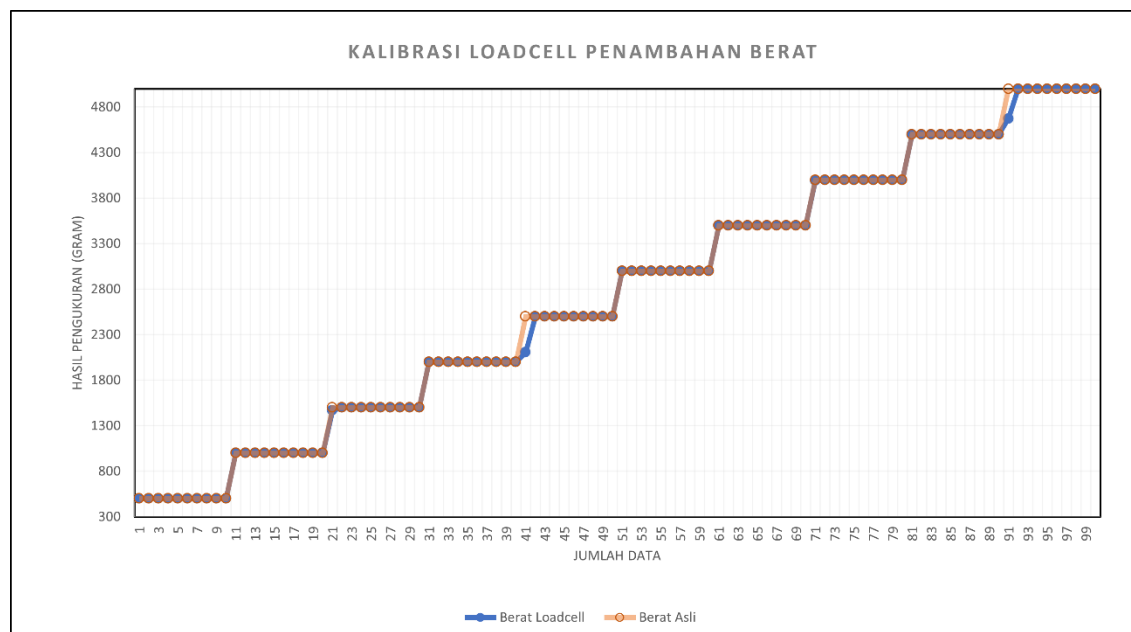
Perancangan model CNN diperlukan rancangan arsitektur, desain arsitektur yang dipakai pada rancangan dapat dilihat pada Gambar 8.

Model: "sequential_11"		
Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_44 (Conv2D)	(None, 100, 100, 32)	896
conv2d_45 (Conv2D)	(None, 98, 98, 32)	9248
max_pooling2d_22 (MaxPooling)	(None, 49, 49, 32)	0
dropout_33 (Dropout)	(None, 49, 49, 32)	0
conv2d_46 (Conv2D)	(None, 49, 49, 64)	18496
conv2d_47 (Conv2D)	(None, 47, 47, 64)	36928
max_pooling2d_23 (MaxPooling)	(None, 23, 23, 64)	0
dropout_34 (Dropout)	(None, 23, 23, 64)	0
flatten_11 (Flatten)	(None, 33856)	0
dense_22 (Dense)	(None, 512)	17334784
dropout_35 (Dropout)	(None, 512)	0
dense_23 (Dense)	(None, 4)	2052
Total params: 17,402,404		
Trainable params: 17,402,404		
Non-trainable params: 0		

Gambar 8 Arsitektur CNN

Hasil Kalibrasi Sensor *Loadcell*

Hasil kalibrasi sensor *loadcell* memiliki nilai yang dapat dilihat pada Gambar 9 dimana kalibrasi dilakukan dengan membandingkan berat menggunakan anak timbangan 500 gram dan terus bertambah dengan rentang 500 gram – 5kg dengan menggunakan sensor *loadcell*.



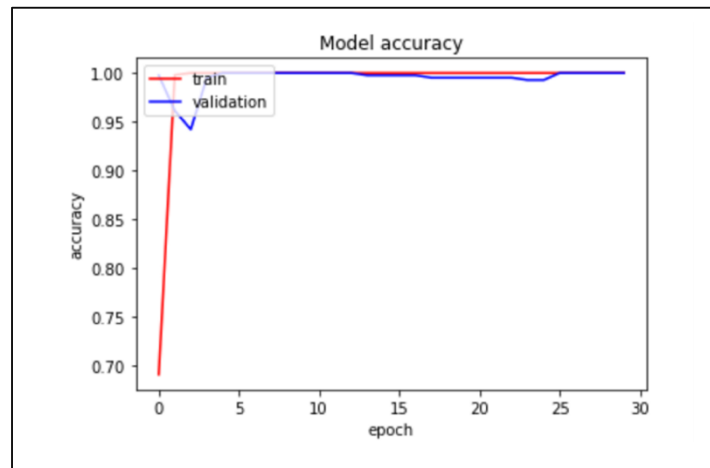
Gambar 9 Hasil Kalibrasi Sensor *Loadcell*

Hasil Proses Learning

Proses learning model CNN dilakukan untuk mencari model CNN yang sesuai dengan pemberian label. Berikut merupakan penjelasan untuk setiap hasil akurasi dan *loss* :

1. Akurasi

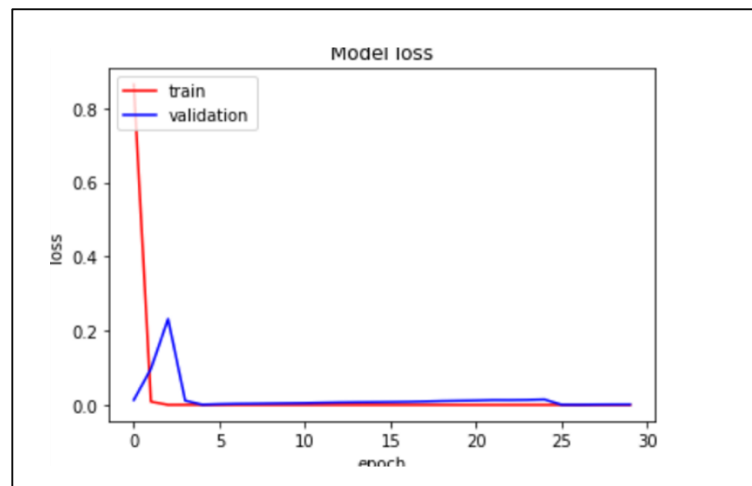
Hasil akurasi model CNN yang dapat dilihat pada gambar 10 merupakan probabilitas dari kelas buah yang sudah melalui proses pelabelan.



Gambar 10 Grafik Akurasi Proses Learning

2. Loss

Hasil *Loss* model CNN yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik *Loss* Proses Learning

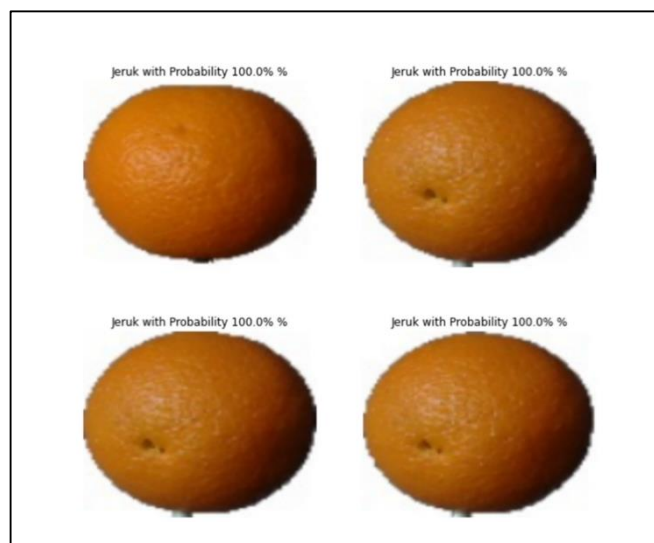
Hasil Proses Testing

Setelah hasil *learning* dilakukan untuk dapat dilihat hasil dari proses *testing* masing-masing jenis buah yang di uji. Dataset ditunjukkan untuk melihat beberapa prediksi pelabelan pada 3 jenis buah tertentu seperti pada Gambar 12 memiliki probabilitas

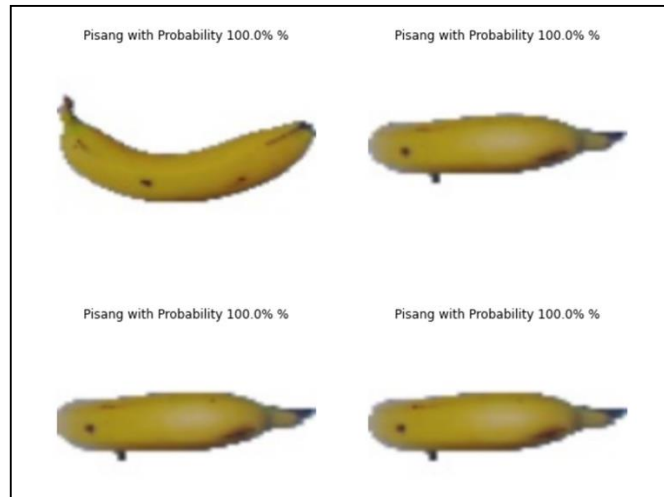
sebesar 100%, lalu untuk prediksi buah jeruk pada Gambar 13 memiliki probabilitas 100%, dan untuk prediksi buah pisang yang dapat dilihat pada Gambar 14 memiliki probabilitas sebesar 100%.



Gambar 12 Hasil Testing Buah Apel



Gambar 13 Hasil Testing Buah Jeruk.



Gambar 14 Hasil Testing Buah Pisang

PEMBAHASAN

Perancangan awal dengan dimensi 33cm x 30cm x 52cm, peletakan *PiCamera* diletakan diatas *loadcell* dikarenakan disaat *PiCamera* mendeteksi jenis buah yang akan di-checkout setelah disimpan diatas *loadcell* maka berat dari buah tersebut akan diukur. *Picamera* digunakan untuk mengklasifikasi jenis buah sebelum melakukan pengukuran berat. Pada rancangan elektrik menggunakan *mikrokontroler Raspberry Pi 3*. Komponen yang dihubungkan dengan *Raspberry Pi 3* yaitu sensor berat *loadcell*, modul HX711, *Pi-Camera* dan lampu LED 5V.

Pada bagian pengukuran berat terdapat proses pengukuran menggunakan sensor *loadcell* dengan bantuan modul HX711 untuk konversi data analog menjadi digital sebelum dikirim ke bagian kontrol utama. Saat pengukuran berat lebih dari *threshold*, data pengukuran dikirim ke bagian kontrol utama, untuk interaksi antara bagian pengukuran data berat dengan bagian kontrol utama dapat diselesaikan dengan *serial port*. Kontrol utama menggunakan teknologi *machine learning* yang sudah diterapkan pada *mikrokontroler Raspberry PI 3B+* untuk mengidentifikasi jenis buah dengan menggunakan kamera dengan dilengkapi lampu LED untuk membantu akuisisi gambar agar hasil yang didapatkan lebih akurat. Setelah mendapatkan data pengukuran dan data identifikasi jenis buah, kedua data tersebut akan ditampilkan pada layar LCD sebagai data hasil dalam bentuk daftar harga. Setelah mendapatkan data hasil, data tersebut dikirimkan kedalam *database* untuk disimpan.

Desain arsitekur CNN pada rancangan ini memiliki 32 filter pada konvolusi pertama dan terus digandakan hingga konvolusi keempat yaitu sebanyak 64 filter. *Dropout* ditambahkan untuk menghindari *overfitting*. Pada *max pooling 2d* memiliki *pool size*

sebesar 2x2 hingga bawah sampel *output* dari *layer* konvolusi. Kemudian untuk menghubungkan bagian ekstraksi fitur ke bagian klasifikasi sebenarnya untuk *fully connected layer* (Aditya Yanuar, 2018), perlu menggunakan lapisan '*Flatten*'. Kemudian, menghubungkan satu lapisan tersembunyi lagi dari 512 *node* dengan fungsi aktivasi ReLu.

Pada hasil proses *learning* terlihat bahwa proses tersebut memiliki probabilitas *output* dari 0 hingga 1. Sedangkan, pada hasil akurasi memiliki jumlah keseluruhan probabilitas mencapai 1 sehingga memiliki nilai akurasi yang tinggi untuk mendeteksi buah. Proses *learning* akurasi dapat dilihat melakukan *learning* dikarenakan pada grafik terlihat bahwa validasi selalu mendekati grafik *training*. Hasil akurasi akan dibandingkan dengan hasil *learning loss*. Dengan menggunakan *loss function* pada rancangan yaitu *Categorical Cross-Entropy* (Zhang & Sabuncu, 2018) akan membandingkan distribusi dari probabilitas prediksi dengan distribusi dari jenis buah yang sesuai dengan label, dimana probabilitas dari jenis buah yang benar diset dengan 1 dan untuk kelas yang lain adalah 0.

Pada proses *testing*, dataset yang dipakai untuk melihat beberapa prediksi pelabelan pada 3 jenis buah apel, jeruk, dan pisang memiliki probabilitas 100%. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan proses *learning* model CNN yang dilakukan sudah sesuai dengan menggunakan dataset *Fruits-360* (*Fruits 360* | Kaggle, n.d.). Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses *testing* yaitu pada dataset *Fruits-360* dapat dikatakan sebagai dataset yang konsisten dikarenakan warna yang dimiliki oleh masing-masing dataset sangat jelas sehingga pelabelan atau klasifikasi untuk masing-masing jenis buah dapat lebih mudah.

Pada aspek kalibrasi *loadcell*, pengukuran berat menggunakan sensor *Loadcell* diharuskan memiliki berat yang sesuai dengan berat anak timbangan dikarenakan pada rancangan ini sensor *loadcell* digunakan untuk menentukan jumlah buah untuk dijadikan total harga. berdasarkan hasil, memiliki nilai *error* sebesar 0,32% dari pengukuran 500 gram – 5kg dengan iterasi 10 data. Sehingga, akurasi pengukuran yang didapatkan yaitu sebesar 99,68%. Akurasi tersebut dikarenakan terdapat kesalahan pengukuran pada data 41 dan 91.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan pada perancangan awal deteksi berbasis CNN dan pengukuran berat buah untuk sistem *automatic self-checkout* adalah dimana pengujian *deep learning* dengan *Convolutional Neural Network* untuk klasifikasi buah memiliki akurasi sebesar 100% akan tetapi karena data yang diambil dari *Fruits-360* memiliki ukuran piksel yang konsisten dan perbedaan warna dari buah yang sangat berbeda maka didapatkan akurasi tersebut. Sehingga dapat disimpulkan untuk pengambilan dataset secara manual perlu memiliki ukuran yang konsisten dan perlu memerhatikan bentuk dari buah tertentu untuk dimasukkan kedalam model CNN. Selain itu, proses kalibrasi pada *loadcell* dapat lebih presisi jika *loadcell* dipasangkan *bracket* agar *loadcell* dapat lebih konsisten untuk hasil pengukuran berat buah.

DAFTAR PUSTAKA

- Albawi, S., Mohammed, T. A., & Al-Zawi, S. (2017). Understanding of a convolutional neural network. *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186>
- Arrofiqoh, E. N., & Harintaka, H. (2018). Implementasi metode convolutional neural network untuk klasifikasi tanaman pada citra resolusi tinggi. *GEOMATIKA*, 24(2), 61. <https://doi.org/10.24895/jig.2018.24-2.810>
- A. Rigner, "Ai-based machine vision for retail self-checkout system," Master's Theses in Mathematical Sciences, 2019.
- Bai, C., Huang, L., Pan, X., Zheng, J., & Chen, S. (2018). Optimization of deep convolutional neural network for large scale image retrieval. *Neurocomputing*, 303, 60–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.04.034>
- Dermawan, T., Sukarsono & Handayani, E.P. (2018). Analisa Load Cell Sebagai Sensor untuk Penimbang Bahan. *Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, 129–132.
- Dharmika, A.P. (2013). *Rancang Bangun Load Cell (Sensor Gaya) Berkapasitas 10 kN untuk Uji Tekan Material* [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- F. Femling, A. Olsson, and F. Alonso-Fernandez, "Fruit and vegetable identification using machine learning for retail applications," in 2018 14th International

- Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS). IEEE, 2018, pp. 9–15.
- Fruits 360 | Kaggle. (n.d.). Retrieved December 13, 2022, from <https://www.kaggle.com/datasets/moltean/fruits>
- Guo, T., Dong, J., Li, H., & Gao, Y. (2017). Simple convolutional neural network on image classification. *2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA)*, 721–724. <https://doi.org/10.1109/ICBDA.2017.8078730>
- Pratt, W. K. (2001). *Digital image processing : PIKS inside*. Wiley.
- Kim, H., Hong, H., Ryu, G., & Kim, D. (2021). A study on the automated payment system for artificial intelligence-based product recognition in the age of contactless services. *International Journal of Advanced Culture Technology (IJACT)*, 9(2), 100-105.
- Staff, E. (2016). *Load Cell Working Principle*. <https://instrumentationtools.com/load-cell-working-principle/>
- Suartika E. P, I Wayan, Wijaya Arya Yudhi, S. R. (2016). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), 76. <http://repository.its.ac.id/48842/>
- Sumanto, D. (2012). Presisi dan Akurasi Hasil Penelitian Kuantitatif Berdasarkan Pengambilan Sampel Secara Acak. *Jurnal Litbang Universitas Muhammadiyah Semarang*, 45–53. <http://Jurnal.unimus.ac.id>
- Yanuar, A. (2018). *Fully-Connected Layer CNN dan Implementasinya*. Universitas Gadjah Mada Menara Ilmu Machine Learning. <https://machinelearning.mipa.ugm.ac.id/2018/06/25/fully-connected-layer-cnn-dan-implementasinya/>
- Zhang, Z., & Sabuncu, M. R. (2018). Generalized Cross Entropy Loss for Training Deep Neural Networks with Noisy Labels. *32nd Conference on Neural Information Processing Systems*.