

Penerapan *Convolutional Neural Network* pada Timbangan Pintar Sayuran Menggunakan Raspberry Pi

Firmansyah Maulana
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

if16.firmansyahmaulana@mhs.ubpkarawang.ac.id

Jamaludin Indra
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

jamaludin.indra@ubpkarawang.ac.id

Santi Arum Puspita Lestari
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

santi.arum@ubpkarawang.ac.id

Abstract — Timbangan sering digunakan untuk mengetahui nilai suatu berat benda terutama pada sayuran, timbangan terbagi menjadi dua jenis timbangan yaitu digital dan analog. Kekurangan menggunakan timbangan saat ini untuk mengetahui nilai berat pada timbangan dibutuhkan perantara untuk validasi berat dan harga pada sayuran. Validasi yang menggunakan perantara manusia memerlukan waktu untuk proses validasi harga. Menggunakan Raspberry Pi sebagai komputer berukuran kecil yang dapat dipasang sensor berat. Dengan sensor berat yang akan dipasangkan pada Raspberry Pi memungkinkan melakukan pembacaan nilai berat sayuran. Pengolahan citra dengan komputasi memungkinkan komputer validasi barang yang ditimbang. Metode yang digunakan untuk deteksi objek yaitu menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Hasil dalam penelitian ini dengan menggunakan *load cell* yang berkapasitas 5 kg memiliki selisih hingga 2 gram dengan timbangan digital. Pada identifikasi jenis sayur menggunakan metode CNN memiliki akurasi hingga 90%.

Kata kunci — Computer Vision, CNN, Raspberry Pi, Sayuran, Timbangan.

I. PENDAHULUAN

Umumnya, cara untuk mengukur berat suatu benda menggunakan alat yang disebut timbangan. Timbangan sering digunakan pada sektor usaha karena dapat menentukan perhitungan harga jual [1]. Saat ini timbangan yang banyak digunakan untuk pedagang adalah timbangan digital. Cara kerja timbangan digital yaitu dengan cara elektrik dan menggunakan layar *Liquid Crystal Display* (LCD) untuk menampilkan indikator nilai berat benda. Timbangan digital masih memerlukan bantuan perantara manusia untuk memasukkan harga barang. Kekurangan menggunakan timbangan digital yaitu proses validasi masih menggunakan perantara manusia dan membutuhkan waktu sehingga kurang efektif untuk pelayanan transaksi. Dengan memanfaatkan identifikasi objek pada timbangan mampu mengurangi waktu pada proses validasi harga, sehingga proses transaksi dapat berjalan secara efektif. Raspberry Pi merupakan perangkat yang mampu melakukan identifikasi objek dan dapat menggunakan sensor untuk melakukan pengukuran berat benda [2].

Upaya penelitian untuk pembuatan timbangan telah banyak dilakukan diantaranya Yahaya *et al* [3] membuat alat untuk memantau berat pada domba menggunakan Raspberry Pi. Domba akan ditimbang menggunakan sensor *load cell* yang terhubung dengan Raspberry Pi. Hasil pada pengukuran berat pada domba memiliki selisih 0.1 kg dengan timbangan mekanik. Penelitian untuk memantau berat tikus pada kandang. Kandang tikus terpasang sensor *load cell* untuk mengambil berat tikus [4]. Berat tikus akan diproses menggunakan Arduino dan data akan dikirimkan pada aplikasi *web*. Berat tikus dihitung setiap harinya dan berat dibandingkan dengan timbangan digital. Hasil dari memantau berat tikus dengan menggunakan *load cell* terdapat selisih berat sebesar 1.6 % dengan timbangan digital. Pembuatan alat memantau inventori untuk memantau stok makanan menggunakan sensor *load cell* dan hx711 sebagai *amplifier* data berat akan dikirim menggunakan jaringan internet menggunakan NodeMCU. Stok makanan habis dapat terlihat pada aplikasi pemantau dan dapat memberikan notifikasi [5]. Selain itu, ada juga alat untuk melakukan pemilahan pada buah yang sudah dipanen, buah akan dipilah sesuai berat yang sudah ditentukan. Perhitungan berat pada buah menggunakan sensor *loadcell* dengan *error* sebesar ± 3 gram [6].

Penelitian klasifikasi citra menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) telah dilakukan oleh banyak peneliti, di Penelitian klasifikasi pada buah-buahan menggunakan metode CNN dengan hasil akurasi sebesar 91.44% [7]. Sakai *et al* [8] telah melakukan penelitian untuk klasifikasi pada sayuran menggunakan metode CNN dan menghasilkan akurasi sebesar 97,58% . Selanjutnya penelitian tentang membuat timbangan yang dapat klasifikasi buah dan sayur menggunakan metode CNN dengan hasil akurasi sebesar 97% pada sistem di swalayan [9].

Berdasarkan pemaparan penelitian sebelumnya [3]–[9], belum ada timbangan yang dapat menentukan harga berdasarkan hasil klasifikasi citra secara otomatis. Dibutuhkan alat timbangan yang dapat mengenali objek untuk mempermudah proses pengukuran berat. Maka, pada penelitian ini akan membahas pembuatan timbangan digital yang dapat klasifikasi citra dengan metode CNN.

II. DATA DAN METODE

A. Bahan dan Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data bobot dan gambar sayuran sebagai data masukkan. Dalam penelitian ini digunakan enam jenis sayuran yang berbeda untuk melakukan pengujian pada alat yang dibuat, di antaranya yaitu mentimun, wortel, tomat, kubis, kentang dan terung ungu. Informasi tentang data masukkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Bobot Pada Sayuran

Keterangan	Gambar	Bobot (gram)
Mentimun		0 – 5000
Wortel		0 – 5000
Tomat		0 – 5000
Kubis		0 – 5000
Kentang		0 – 5000
terung ungu		0 – 5000

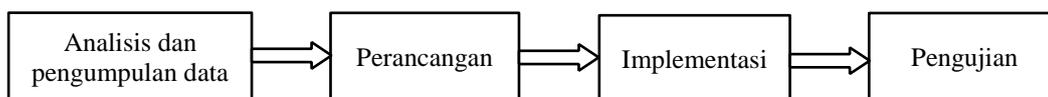
Dataset terbagi menjadi dua jenis data yaitu data latih dan data uji. Data latih diperoleh dari pengambilan data gambar sebanyak 50 gambar. Data uji merupakan data yang diambil dari proses menimbang. Pengambilan data latih dilakukan pada enam jenis sayur menggunakan Raspberry Pi camera dengan format *Joint Photographic Group* (JPG). Untuk spesifikasi gambar yang diambil dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi *dataset* yang dibutuhkan

Keterangan	Jumlah	Tinggi (Pixel)	Lebar (Pixel)
Mentimun	50	480	640
Wortel	50	480	640
Tomat	50	480	640
Kubis	50	480	640
Kentang	50	480	640
Terung ungu	50	480	640

B. Prosedur Penelitian

Serangkaian kegiatan pada penelitian yang dilakukan secara teratur dan sistematis untuk mencapai tujuan yang penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

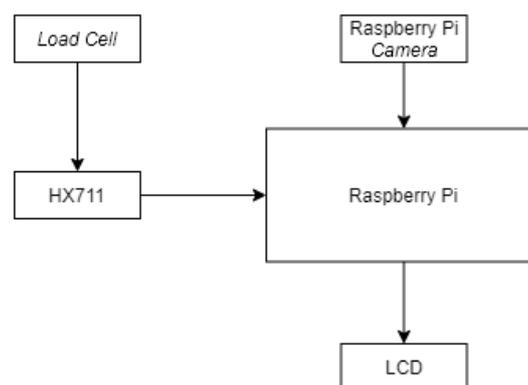


Gambar 1 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan analisis dan pengumpulan data yang diperoleh dari hasil observasi dengan kepada penjual sayur. Tahapan selanjutnya melakukan perancangan alat, dan pengumpulan *dataset* berdasarkan kebutuhan. Langkah selanjutnya implementasi untuk mengetahui perencanaan dan perancangan sesuai dengan yang diharapkan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian.

C. Perangkat Keras

Pada bagian alat fungsional yang diperlukan untuk pembuatan timbangan dapat dilihat dalam blok diagram pada Gambar 2. Pengukuran berat pada sayuran dibutuhkan sensor *load cell* sebagai sensor pembaca berat. Diperlukan modul HX711 untuk mengubah data analog yang dibaca oleh *load cell* menjadi data digital atau disebut dengan *Analog-to-Digital Converter* (ADC) [10]. Pengambilan citra pada timbangan menggunakan Raspberry Pi *camera*. Raspberry Pi sebagai komponen utama dalam perancangan ini berfungsi untuk melakukan proses dari data masukan yang diambil oleh sensor dan kamera. Data yang sudah diproses selanjutnya akan ditampilkan pada layar LCD.

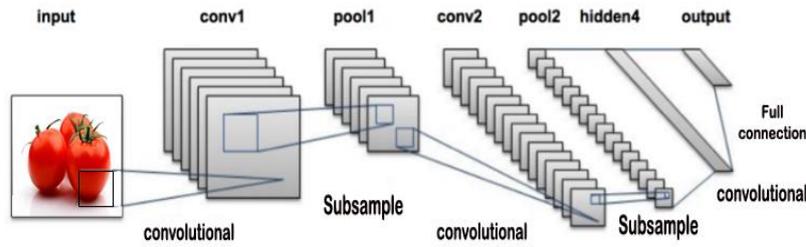


Gambar 2 Blok skema diagram perancangan

D. Metode

CNN merupakan bagian dari *neural networks* [11]. *Neural network* adalah suatu teknik *machine learning* yang meniru mekanisme sistem syaraf manusia. Umumnya syaraf manusia mengandung sel yang disebut *neuron* [12]. Dalam mekanisme *neural network* berisi unit komputasi yang disebut juga dengan *neuron* [13]. Dalam menggunakan *neural network* diperlukan menguraikan hubungan yang kompleks antara *input* dan *output* untuk menemukan pola-pola pada data. Salah satu jenis arsitektur *neural network* yang digunakan untuk memproses citra yaitu CNN [14].

Umumnya CNN sering digunakan untuk mengklasifikasikan citra [2,8,9]. Cara kerja CNN dengan membuat beberapa jaringan konvolusional pada citra yang dibuat menjadi beberapa bagian kecil. Dalam melakukan klasifikasi citra, diperlukan beberapa layer yaitu *convolution layer*, *pooling layer* dan *fully connected layer* [11].



Gambar 3 Arsitektur CNN yang digunakan

Pada CNN, *convolution layer* merupakan jaringan yang paling dasar. Lapisan *convolution layer* memungkinkan untuk mengekstrak fitur *input* yang berbeda dengan operasi konvolusi [15]. Pembuatan konvolusi pada citra perlu menerapkan filter atau *kernel* yang membantu membentuk *feature map*. Operasi perkalian *matrix* diperlukan untuk membuat filter pada citra [16]. Perhitungan *convolution layer* menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut:

$$C(i, j) = \sum_m \sum_n (L(m, n) * K(m, n)) \tag{1}$$

Di mana:

$C(i, j)$ = Pixel feature map ke i, j

$L(m, n)$ = Pixel matriks input yang telah diberi nol padding ke m dan n

$K(m, n)$ = *Piksel filter ke m dan n*

Konvolusi yang telah selesai membuat *kernel convolution* akan bergerak menuju langkah selanjutnya [15]. Setelah seluruh *layer* telah terbentuk, selanjutnya akan masuk menuju *pooling layer*. *Pooling layer* ada setelah *convolution layer*. *Pooling layer* terdiri dari filter dengan ukuran tertentu dan *stride* kemudian berpindah keseluruhan bagian *feature map*. *Pooling layer* bertujuan mempercepat komputasi dan mengatasi *overfitting* sampai batas tertentu [17]. Perhitungan fungsi untuk melakukan *max-pooling* dapat dilihat pada Persamaan (2) dan (3) [15].

$$y_i = \max_{R \times R} \{y_i\} f(r, r) \tag{2}$$

$$f(r, r) = \varepsilon \cdot y_i^{k-1} \times \omega_{i,j}^k + e_j^k \tag{3}$$

Di mana :

$\max_{R \times R}$ = *Max-pooling* yang beroperasi di area $R \times R$.

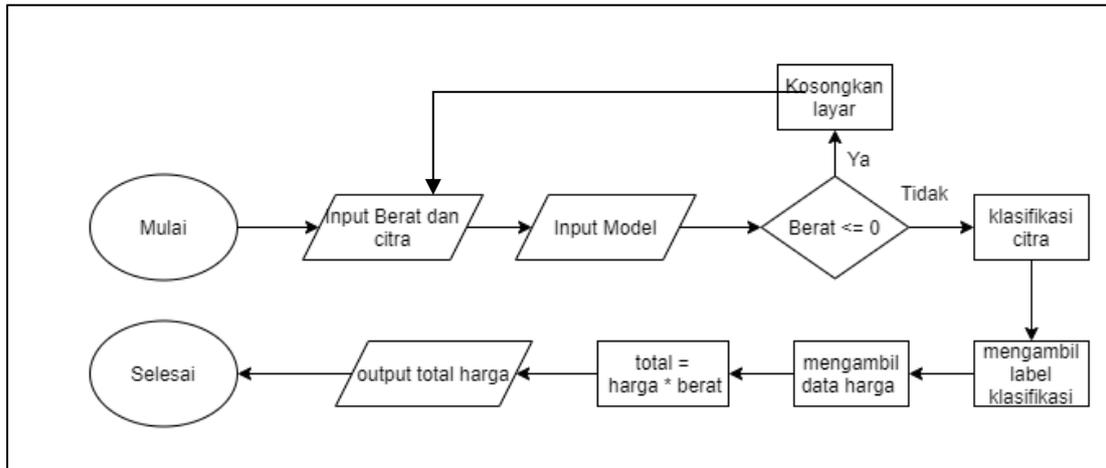
y_i = Peta keluaran ke- i dari a jendela $r \times r$

$f(r, r)$ = Fungsi jendela dari blok pengaturan.

ε = Varian data latih

Setelah melakukan konvolusi pada *convolutional layer* dan *max-pooling* pada *pooling layer*, lalu memasuki tahap terakhir yaitu *fully connected layer*. *Layer* ini merupakan *feature map* terakhir yang bertugas melakukan klasifikasi. Setiap neuron pada *convolution layer* perlu ditransformasi menjadi data satu dimensi terlebih dahulu sebelum dapat dimasukkan ke dalam sebuah *fully-connected layer* [11]. *Fully-connected layer* hanya dapat diimplementasikan pada *layer* akhir. Diagram alir sistem yang berjalan dapat dilihat pada Gambar 4.

E. Diagram Alir Perancangan Sistem

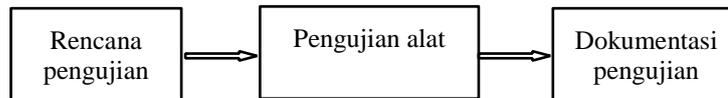


Gambar 4 Diagram Alir Perancangan Sistem

Tahapan pada sistem yang akan berjalan dimulai dengan membaca nilai berat dan gambar pada timbangan. Langkah selanjutnya sistem akan mengambil data model yang tersimpan pada Raspberry Pi. Dilakukan pemeriksaan pada nilai berat, Jika nilai berat kurang dari sama dengan nol maka *layer* LCD akan kosong jika tidak maka gambar yang diambil akan diklasifikasikan dengan model yang telah diambil. Hasil klasifikasi akan diambil labelnya untuk menentukan harga. Harga yang sudah ditentukan akan dikalikan dengan nilai berat hingga memperoleh total harga. Setelah itu semua data akan ditampilkan pada LCD.

F. Proses Pengujian

Proses pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, untuk Langkah awal dilakukan dengan membuat Perencanaan. Pengujian alat dilakukan dan dokumentas pengujian. Alur pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Proses Pengujian

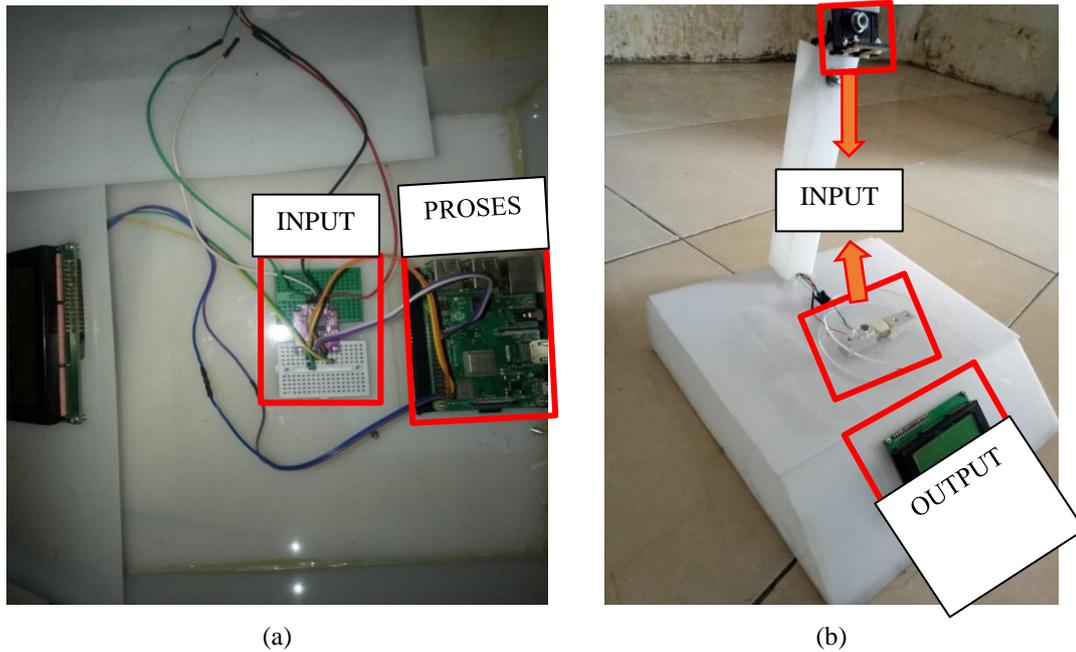
Kerangka dalam proses pengujian terdiri dari rencana pengujian yang telah dibuat berdasarkan analisis dan pengumpulan data. Pengujian alat dilakukan dengan menguji pengambilan gambar pada timbangan, pengujian tampilan pada LCD dan pengujian keseluruhan. Pengujian keseluruhan dilakukan berulang sebanyak 30 kali dengan jenis dan berat sayur berbeda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan

1) Hasil Perancangan Alat

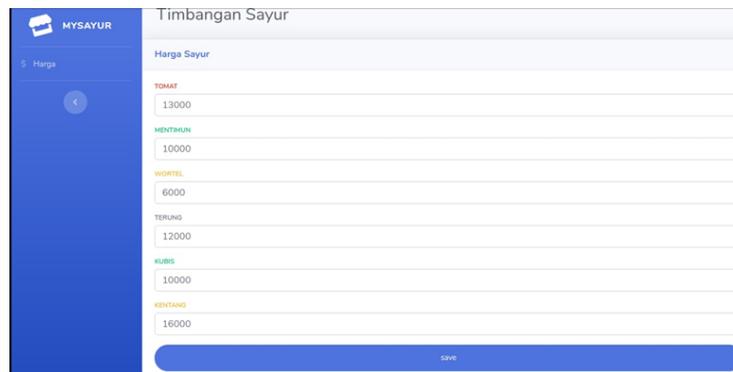
Rangkaian terdiri dari blok komponen *input* dan blok komponen *output* yang diintegrasikan dengan Raspberry Pi. Blok *input* sebagai masukan utama yang akan dikirim oleh sensor *load cell* berupa nilai berat dan kamera untuk pengambilan citra. Blok proses yang dilakukan oleh Raspberry Pi sebagai komponen utama untuk mengakses blok proses. Blok *output* akan menampilkan keluaran berupa hasil yang didapat dari blok *input* dan blok proses. Perancangan alat yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 (a) Rangkaian terlihat dari dalam, (b) Rangkaian terlihat dari luar

2) Hasil Perancangan Antarmuka

Perancangan tampilan antarmuka pada sistem *input* harga menyesuaikan dengan jumlah sayur yang terdaftar. Aplikasi akan menyimpan data harga pada basis data. Data harga yang disimpan akan diambil oleh alat. Adapun tampilan perancangan antarmuka *web* yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Tampilan Antar Muka Sistem Aplikasi Penginputan Harga.

B. Implementasi dan Pengujian

1) Pengujian Pengambilan Citra

Penjujian pengambilan citra pada penelitian ini menggunakan bantuan Raspberry Pi *camera*. Objek diambil dengan jarak 20 cm dan pencahayaan 194 lux. Proses pengambilan citra ditunjukkan pada Gambar 8 dan hasil pengambilan citra ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 8 Pengujian Pengambilan Citra pada Timbangan



Gambar 9 Hasil Pengambilan Citra

2) Pengujian menampilkan data harga dan berat pada LCD

Harga sayuran dapat didapatkan dengan meletakkan sayuran di atas sensor *load cell*, kamera akan menangkap citra visual pada timbangan. Hasil klasifikasi visual akan menentukan harga sayuran yang sudah ditentukan. Harga yang didapatkan akan dihitung dengan berat yang didapat. LCD akan menampilkan data berat, hasil klasifikasi, harga dan total harga.



Gambar 10 Pengujian Data Keluaran pada LCD.

3) Pengujian alat

Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja alat yang telah dibuat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dengan mengukur nilai akurasi gambar dan nilai berat. Nilai berat akan dibandingkan dengan timbangan digital. Berikut hasil pengujian pada timbangan yang telah dibangun dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian Alat

Sayur	Hasil identifikasi	Berat pada alat penelitian	Berat pada timbangan digital	Keterangan hasil identifikasi	Selisih pada nilai berat
Kubis	Kubis	629	629	benar	0
wortel	Wortel	501	499	benar	2
Mentimun	Mentimun	510	512	benar	2
Terung	Terung	514	514	benar	0
Tomat	Tomat	333	333	benar	0
.
.
.
Kentang	Wortel	432	432	salah	0
Tomat	Tomat	311	312	benar	1
Kubis	Kubis	629	629	benar	0
Mentimun	Mentimun	407	407	benar	0
Terung	Terung	370	371	benar	1
Wortel	Wortel	492	491	benar	1

Diketahui selisih pada nilai berat pada alat terbesar sebanyak 2 gram. Total nilai selisih pada berat pengujian adalah 19 gram. Untuk rata-rata selisih pada 30 kali pengujian dengan menggunakan Persamaan (4) sebagai berikut:

$$\text{Nilai Rata - rata} = \frac{19}{30} = 0.63 \quad (4)$$

Pada tingkat akurasi alat untuk mengklasifikasikan jenis sayur diketahui jumlah identifikasi yang benar sebanyak 27 dari 30 dengan menggunakan Persamaan (5) :

$$\text{Akurasi klasifikasi} = \frac{27}{30} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Akurasi klasifikasi} = 90\%$$

Nilai akurasi pada alat menghasilkan nilai sebesar 90% dari 30 percobaan pada klasifikasi citra menggunakan CNN. Memiliki hasil selisih rata-rata sebesar 0.63 gram dari nilai selisih keseluruhan .

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan selama proses analisis data, perancangan, pembuatan dan pengujian alat ini, maka didapatkan bahwa Raspberry Pi dapat mengetahui berat benda dengan menggunakan sensor *load cell* dan modul HX711. Sensor yang digunakan terdapat selisih rata - rata sebesar 0.63 gram. Metode CNN dapat digunakan untuk melakukan identifikasi 6 jenis sayuran yang berbeda. Penggunaan metode CNN untuk identifikasi jenis sayuran mendapatkan tingkat akurasi sebesar 90%. Pada saat penerapan metode CNN dilakukan pelatihan *dataset* terlebih dahulu untuk klasifikasi data. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu akurasi dapat ditingkatkan dengan sensor *load cell* yang memiliki 6 kabel data. Berdasarkan tahap evaluasi metode CNN dapat mendapatkan akurasi 90% sudah memiliki hasil yang baik, namun proses *training* memerlukan waktu yang lama. Oleh karena itu penggunaan GPU pada saat melakukan *training dataset* juga dapat digunakan untuk menghemat waktu komputasi.

PENGAKUAN

Naskah ilmiah ini adalah sebagian dari penelitian Tugas Akhir milik Firmansyah Maulana dengan judul Penerapan *Convolutional Neural Network* pada Timbangan Pintar Sayuran Menggunakan Raspberry Pi, yang dibimbing oleh Pembimbing I Jamaludin Indra dan Pembimbing II Santi Arum Puspita Lestari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Zhan, P. Zhou, and X. Xiong, "Design and implementation of portable electronic scale," in *International Conference on Computer Technology, Electronics and Communication*, 2017, pp. 770–773.
- [2] C. W. Zhao, J. Jegatheesan, and S. C. Loon, "Exploring IOT Application Using Raspberry Pi," *J. Comput. Networks Appl.*, vol. 2, no. 1, pp. 27–34, 2015.
- [3] F. Hanumyahaya, R. L. Ahmad Shauri, and S. Abu Bakar, "Dorper BSI Monitoring with Load Cells and Raspberry PI," in *ISCAIE 2019 - 2019 IEEE Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics*, 2019, pp. 208–212.
- [4] O. Noorshams, J. D. Boyd, and T. H. Murphy, "Automating mouse weighing in group homecages with Raspberry Pi micro-computers," *J. Neurosci. Methods*, vol. 285, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [5] B. Nagaria, P. Shroff, and R. Mehrotra, "IoT Based Inventory System for Stock Management," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 4, pp. 4094–4097, 2019.
- [6] Y. Kalnar, R. Balakrishnan, S. Mann, T. Bidyalakshmi, S. Dawange, and N. Indore., "Microcontrollers and Sensors in Post-harvest Application of Agricultural Commodity's Sorting/ Grading and Storage," pp. 197–202, 2018.
- [7] S. Lu, Z. Lu, S. Aok, and L. Graham, "Fruit Classification Based on Six Layer Convolutional Neural Network," in *Digital Signal Processing*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 1–5.
- [8] Y. Sakai, T. Oda, M. Ikeda, and L. Barolli, "A vegetable category recognition system using deep neural network," in *Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, IMIS 2016*, 2016, pp. 189–192.
- [9] F. Femling, A. Olsson, and F. Alonso-Fernandez, "Fruit and Vegetable Identification Using Machine Learning for Retail Applications," in *International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems*, 2018, vol. 14, pp. 9–15.
- [10] V. G. Nandanwar, M. Kashif, and R. S. Ankushe, "Portable Weight Measuring Instrument," in *Proceedings - 2017 International Conference on Recent Trends in Electrical, Electronics and Computing Technologies, ICRTEECT 2017*, 2017, vol. 1, pp. 44–48.
- [11] S. Gollapudi, *Learn Computer Vision Using OpenCV*. Telangana: Apress, 2019.
- [12] J. Indra, "PENERAPAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI FERTILITAS TELUR ITIK MENGGUNAKAN RASPBERRY PI," *BUANA ILMU*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [13] C. C. Aggarwal, *Neural Networks and Deep Learning*. New York: Springer International Publishing, 2018.
- [14] J. Heaton, *Artificial Intelligence for Humans, Volume 3: Neural Networks and Deep Learning*. Chesterfield: Heaton Research, Inc, 2015.
- [15] W. Chen, Q. Sun, J. Wang, J. J. Dong, and C. Xu, "A Novel Model Based on AdaBoost and Deep CNN for Vehicle Classification," *IEEE Access*, vol. 6, no. c, pp. 60445–60455, 2018.
- [16] A. Kirana, H. Hikmayanti, and J. Indra, "Pengenalan Pola Aksara Sunda dengan Metode Convolutional Neural Network," *Sci. Student J. Information, Technol. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 95–100, 2020.
- [17] A. F. Gad, *Practical Computer Vision Applications Using Deep Learning with CNNs*. Menoufia: Apress, 2018.