

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
(Konsentrasi Mekatronika)
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciembuleuit no 94, Bandung 40141, INDONESIA



Buku Tugas Akhir

Deteksi Buah Untuk *Automatic Self-Checkout System* Menggunakan *Computer Vision*

Wafi Faisal Falah

6151801030

Pembimbing:

Ir.Nico Saputro, S.T., M.T., Ph.D.

Ir.Levin Halim, S.T., M.T.

Diajukan untuk memenuhi salah satu
syarat mendapatkan gelar Sarjana
Teknik

Agustus 2023

Deteksi Buah Untuk *Automatic Self-Checkout* System Menggunakan *Computer Vision*

Wafi FAISAL FALAH
6151801030

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan.

Panitia Penguji :

Ir.Nico Saputro, S.T., M.T., Ph.D., Pembimbing 1

Ir.Levin Halim, S.T., M.T., Pembimbing 2

Dr.Ir.Ali Sadiyoko , S.T., M.T., Penguji 1

Ir.Tua A Tamba, S.T., M.Sc., Ph.D., Penguji 2

© 2023, Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika),
Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit no 94, Bandung
40141, INDONESIA.

Dokumen ini dilindungi oleh undang-undang. Tidak diperkenankan mereproduksi seluruh ataupun sebagian isi dokumen ini dalam bentuk apa pun, baik secara cetak, photoprint, mikrofilm, elektronik, atau cara lainnya tanpa izin tertulis dari Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika), Universitas Katolik Parahyangan.

All rights reserved. No part of the publication may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm, electronic or any other means without written permission from the Department of Electrical Engineering (Mechatronics), Parahyangan Catholic University.

Lembar Persetujuan Selesai



Tugas Akhir berjudul:

**Deteksi Buah Untuk *Automatic Self-Checkout System*
Menggunakan *Computer Vision***

oleh:

Wafi Faisal Falah

NPM : 6151801030

ini telah diujikan pada Sidang Tugas Akhir 2 (IME 184500) di Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Katolik Parahyangan serta dinyatakan SELESAI.

TANDA PERSETUJUAN SELESAI.

Bapak Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika



Kuningscinus Tamba, S.T., M.Sc., Ph.D.

Pembimbing Pertama,

Ir. Nico Saputro, S.T., M.T., Ph.D.

Pembimbing Kedua,

Ir. Levin Halim, S.T., M.T.

PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN TINDAKAN PLAGIASI

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

WAFI FAISAL FALAH

Dengan ini menyatakan bahwa Buku Tugas Akhir dengan judul:

**'DETEKSI BUAH UNTUK *AUTOMATIC SELF-CHECKOUT SYSTEM*
MENGUNAKAN *COMPUTER VISION*'**

adalah hasil pekerjaan Saya. Seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka Saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada Saya.

Bandung, 26 Januari 2024



Wafi Faisal Falah

NPM: 6151801030

Abstrak

Dalam proses penjualan menggunakan sistem konvensional untuk produk yang tidak memiliki kode barcode, seperti buah-buahan, diperlukan layanan manual dengan kasir. Hal ini tidak hanya memerlukan tenaga manusia, tetapi juga meningkatkan risiko kesalahan dalam memasukkan data untuk pelabelan buah. Tugas akhir ini akan difokuskan pada penerapan metode deteksi objek menggunakan CNN (*Convolutional Neural Network*) dengan bantuan kamera dan penambahan sensor *load cell* sebagai POS (*Point-Of-Sale*) untuk proses pembelian buah di *supermarket* dan pasar swalayan. Proses perancangan dilakukan dengan pengukuran *Working Distance* kamera untuk diterapkan pada rancangan mekanik dan kalibrasi sensor *load cell* tipe *single point* dengan model CZL601. Proses kalibrasi yang dilakukan pengukuran menggunakan *load cell single point* dengan model CZL-601 didapatkan maksimum nilai *error* 1,5% sedangkan jika penambahan berat dilakukan dengan serentak didapatkan maksimum nilai *error* 0,03%. sehingga penggunaan tipe *load cell* tersebut dapat digunakan pada rancangan *automatic self-checkout system* sebagai POS. Selanjutnya, proses *machine learning* seperti pengumpulan dataset dan proses *training* serta evaluasi arsitektur deteksi objek sekaligus pemilihan arsitektur. Arsitektur deteksi objek yang akan di uji merupakan arsitektur EfficientDet D-0 dan MobileNet V2. arsitektur yang akan digunakan pada rancangan tugas akhir ini merupakan arsitektur Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan EfficientDet D-0 dengan nilai akurasi 97%, presisi 97% dan *recall* 100% dengan waktu setiap pendeteksian 1,92 detik. Nilai tersebut didapatkan setelah dilakukan pengujian deteksi objek secara *real-time* menggunakan Raspberry Pi 4B dan Picamera V1.3 untuk *dataset* 4 (empat) jenis buah yang terdiri dari apel, jeruk, lemon dan pisang. Dengan menggunakan arsitektur tersebut proses *automatic self-checkout system* dapat dilakukan dengan cepat dan akurat.

Abstract

In the sales process using conventional systems for products that do not have barcode codes, such as fruits, manual services with cashiers are required. This not only requires human effort but also increases the risk of errors in entering data for fruit labeling. This final project will focus on implementing object detection methods using Convolutional Neural Networks (CNN) with the assistance of a camera and the addition of load cell sensors as Point-Of-Sale (POS) for the fruit purchasing process in supermarkets and convenience stores. The design process is conducted by measuring the Working Distance of the camera to be applied to the mechanical design and calibrating the single-point load cell sensor with the CZL601 model. Through the calibration process using the single-point load cell model CZL-601, a maximum error value of 1.5% is obtained, while if additional weight is applied simultaneously, a maximum error value of 0.03% is achieved. Hence, the use of this type of load cell can be implemented in the automatic self-checkout system design as a POS. Furthermore, machine learning processes such as dataset collection, training process, architecture evaluation of object detection, and architecture selection are performed. The object detection architecture to be tested includes EfficientDet D-0 and MobileNet V2. Based on the testing results, EfficientDet D-0 achieved an accuracy of 97%, precision of 97%, and 100% recall with a detection time of 1.92 seconds per instance. These values were obtained through real-time object detection testing using Raspberry Pi 4B and Picamera V1.3 for a dataset of four fruit types, including apple, orange, lemon, and banana. With the utilization of this architecture, the automatic self-checkout system process can be executed rapidly and accurately.

Lembar Persembahan

Tugas Akhir ini dipersembahkan untuk
almamater tercinta,
bangsa dan negara.

Pedoman Penggunaan Buku Tugas Akhir

Buku Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Katolik Parahyangan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Katolik Parahyangan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Buku Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Staf dosen dan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan dapat menggunakan Buku Tugas Akhir ini sebagai rujukan pada penelitian-penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan rekomendasi yang dikeluarkan oleh Koordinator Tugas Akhir dan/atau Tim Dosen Pembimbing.

Abstrak

Dalam proses penjualan menggunakan sistem konvensional untuk produk yang tidak memiliki kode barcode, seperti buah-buahan, diperlukan layanan manual dengan kasir. Hal ini tidak hanya memerlukan tenaga manusia, tetapi juga meningkatkan risiko kesalahan dalam memasukkan data untuk pelabelan buah. Tugas akhir ini akan difokuskan pada penerapan metode deteksi objek menggunakan CNN (*Convolutional Neural Network*) dengan bantuan kamera dan penambahan sensor *load cell* sebagai POS (*Point-Of-Sale*) untuk proses pembelian buah di *supermarket* dan pasar swalayan. Proses perancangan dilakukan dengan pengukuran *Working Distance* kamera untuk diterapkan pada rancangan mekanik dan kalibrasi sensor *load cell* tipe *single point* dengan model CZL601. Proses kalibrasi yang dilakukan pengukuran menggunakan *load cell single point* dengan model CZL-601 didapatkan maksimum nilai *error* 1,5% sedangkan jika penambahan berat dilakukan dengan serentak didapatkan maksimum nilai *error* 0,03%. sehingga penggunaan tipe *load cell* tersebut dapat digunakan pada rancangan *automatic self-checkout system* sebagai POS. Selanjutnya, proses *machine learning* seperti pengumpulan dataset dan proses *training* serta evaluasi arsitektur deteksi objek sekaligus pemilihan arsitektur. Arsitektur deteksi objek yang akan di uji merupakan arsitektur EfficientDet D-0 dan MobileNet V2. arsitektur yang akan digunakan pada rancangan tugas akhir ini merupakan arsitektur Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan EfficientDet D-0 dengan nilai akurasi 97%, presisi 97% dan *recall* 100% dengan waktu setiap pendeteksian 1,92 detik. Nilai tersebut didapatkan setelah dilakukan pengujian deteksi objek secara *real-time* menggunakan Raspberry Pi 4B dan Picamera V1.3 untuk *dataset* 4 (empat) jenis buah yang terdiri dari apel, jeruk, lemon dan pisang. Dengan menggunakan arsitektur tersebut proses *automatic self-checkout system* dapat dilakukan dengan cepat dan akurat.

Abstract

In the sales process using conventional systems for products that do not have barcode codes, such as fruits, manual services with cashiers are required. This not only requires human effort but also increases the risk of errors in entering data for fruit labeling. This final project will focus on implementing object detection methods using Convolutional Neural Networks (CNN) with the assistance of a camera and the addition of load cell sensors as Point-Of-Sale (POS) for the fruit purchasing process in supermarkets and convenience stores. The design process is conducted by measuring the Working Distance of the camera to be applied to the mechanical design and calibrating the single-point load cell sensor with the CZL601 model. Through the calibration process using the single-point load cell model CZL-601, a maximum error value of 1.5% is obtained, while if additional weight is applied simultaneously, a maximum error value of 0.03% is achieved. Hence, the use of this type of load cell can be implemented in the automatic self-checkout system design as a POS. Furthermore, machine learning processes such as dataset collection, training process, architecture evaluation of object detection, and architecture selection are performed. The object detection architecture to be tested includes EfficientDet D-0 and MobileNet V2. Based on the testing results, EfficientDet D-0 achieved an accuracy of 97%, precision of 97%, and 100% recall with a detection time of 1.92 seconds per instance. These values were obtained through real-time object detection testing using Raspberry Pi 4B and Picamera V1.3 for a dataset of four fruit types, including apple, orange, lemon, and banana. With the utilization of this architecture, the automatic self-checkout system process can be executed rapidly and accurately.

Kata Pengantar

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, kesempatan, dan kesehatan yang diberikan-Nya sehingga dalam penulisan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Deteksi Buah Untuk *Automatic Self-checkout System* Menggunakan *Computer Vision*" ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun dan merupakan salah satu syarat untuk mengikuti sidang pada mata kuliah Tugas Akhir II (IME-184400-02) Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari bahwa terdapat banyak pihak yang memberikan bantuan dan dukungan selama penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Maka dari itu sudah sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Para pembimbing yaitu Ir.Nico Saputro, S.T., M.T., Ph.D. dan Ir.Levin Halim, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir di . Atas bimbingannya untuk menyelesaikan laporan ini.
- Kedua orang tua penulis Widawati,S.H.,M.Kn dan Sarjito, S.E.,S.H. ,MBA., M.Kn yang selalu memberikan dukungan penuh berupa moral dan materiil.
- Luthfia Zendina Rahmah. Selaku kekasih penulis yang dengan tulus merawat dan mendukung saya untuk terus berjuang menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
- Muhammad Fadhillah Sudrajat, Malvin Ardian, Faiq Winindra Satriatama, Hernando,S.T, Felix Prabowo, Rayhan Faisal, Yustian Gunadi dan seluruh angkatan 18. Selaku teman penulis yang selalu memberikan bantuan moril dan membantu ketika penulis sedang mengalami kesulitan.
- Stevanus Darwin. Selaku teman penulis yang bersedia memberikan arahan, materi, dan bantuan moril selama pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.
- Dr. Christian Fredy Naa, S.Si., M.Si., M.Sc dan Tua Agustinus Tamba Ph.D. Atas ilmu bimbingan dan motivasi yang telah diberikan.
- Para dosen pengajar dan tata usaha karena sudah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama pembelajaran di Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas dengan kebaikan yang berlimpah kepada seluruh pihak yang telah menolong penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Penulis ingin memohon maaf jika terdapat kesalahan yang disengaja maupun tidak sengaja dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Besar harapan dari penulis agar Laporan Tugas Akhir yang telah disusun dapat memberikan manfaat bagi Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) serta masyarakat.

Daftar Isi

Abstrak	ix
Abstract	xi
Kata Pengantar	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Tabel	xix
Daftar Gambar	xxi
Daftar Singkatan	xxv
1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi	4
1.4 Tujuan Tugas Akhir	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir	5
1.6 Metodologi Tugas Akhir	5
1.7 Sistematika Penulisan	7
2 Tinjauan Pustaka	9
2.1 <i>Automatic Self-Checkout System</i>	9
2.2 <i>Machine Learning</i>	11
2.2.1 <i>Confusion Matrix</i>	12
2.3 <i>Computer vision</i>	14
2.3.1 Deteksi Objek	15
2.3.2 Parameter IoU (<i>Intersection over Union</i>)	16
2.4 <i>Convolutional Neural Network</i>	17

2.4.1	Konvolusi	17
2.4.2	<i>Pooling</i>	18
2.4.3	<i>Fully-Connected layers</i>	19
2.5	Raspberry Pi	19
2.6	Raspberry Pi Camera v1.3	20
2.7	<i>Load Cell</i> (Sensor Gaya)	21
2.7.1	<i>Wheatstone Bridge</i>	22
2.7.2	Modul HX711	23
2.8	MySQL	23
2.8.1	phpMyAdmin	24
2.9	Tinjauan Literatur	24
3	Perancangan Sistem	29
3.1	Spesifikasi Sistem	29
3.2	Rincian Disain	29
3.2.1	Menentukan <i>Working Distance</i> Pi Camera Pada Rancangan	30
3.2.2	Komponen Utama	32
3.3	Komponen lebih rinci	33
3.3.1	Sensor <i>Load cell Single Point</i>	34
3.3.2	Arsitektur EfficientDet	35
3.3.3	Cara Kerja Sistem	36
3.4	Kondisi Pengujian Sistem	41
3.4.1	Kondisi Pengujian Penerapan <i>Working Distance</i> Pada Rancangan	41
3.4.2	Kondisi Pengumpulan Dataset Buah	41
3.4.3	Kondisi Proses <i>Machine Learning</i> Dataset Buah	45
3.4.4	Kondisi Penentuan Arsitektur Deteksi Objek	45
3.4.5	Kondisi Evaluasi Pengujian Objek Tangan	46
3.4.6	Membuat Uji Coba Sistem <i>Automatic Self-Checkout</i>	46
4	Analisis Sistem	49
4.0.1	Hasil Penerapan <i>Working Distance</i> Terhadap Cakupan Kamera	49
4.1	Struktur Mekanik <i>Automatic Self-Checkout System</i>	52
4.2	Kalibrasi Sensor Load Cell	53
4.3	Proses <i>Machine Learning</i> Dataset Buah	61
4.3.1	Pengumpulan Dataset	63
4.3.2	Parameter <i>Training</i> Model Arsitektur yang Digunakan	64
4.3.3	Hasil <i>Training</i> Berdasarkan Jumlah Step	65
4.4	Proses Evaluasi Secara <i>Real-Time</i> Arsitektur Deteksi Objek	76
4.4.1	Penentuan Kondisi dan <i>Confusion Matrix</i> Untuk Evaluasi Arsitektur Deteksi Objek	77
4.4.2	Evaluasi Pengamatan Visual Akurasi Produk Jenis Tunggal	80
4.4.3	Evaluasi Pengamatan Visual Akurasi Produk Jenis Tunggal Menggunakan Plastik	81

4.4.4	Evaluasi Pengamatan Visual Akurasi Beberapa Produk Jenis Tunggal	83
4.4.5	Evaluasi Pengamatan Visual Akurasi Beberapa Produk Jenis Tunggal Menggunakan Plastik	85
4.4.6	Evaluasi Pengamatan Visual Verifikasi Status Produk Multi-Variasi	86
4.4.7	Evaluasi Pengamatan Secara Visual Verifikasi Status Produk Multi-Variasi Menggunakan Plastik	88
4.4.8	Evaluasi Penentuan Penerapan Arsitektur Pada Rancangan	96
4.4.9	Evaluasi Pengujian Deteksi Objek <i>Dataset</i> Tangan	99
4.5	<i>User Interface</i> Sistem <i>Automatic Self-Checkout</i>	100
5	Simpulan dan Saran	107
5.1	Kesimpulan	107
5.2	Saran	108
	Daftar Pustaka	111
	Lampiran A Rancangan <i>Automatic Self-Checkout System</i>	116
A.1	Ukuran Desain <i>Automatic Self-Checkout System</i>	117
A.2	<i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem	118
A.3	Skematik Rancangan	119
A.4	Rangkaian Elektrik Rancangan	120
	Lampiran B Proses Pengujian Deteksi Objek <i>Real - Time</i>	122
B.1	Deteksi Objek Tangan Kondisi 1	123
B.2	Deteksi Objek Tangan Kondisi 2	126

Daftar Tabel

2.1	Contoh Confusion Matrix	13
2.2	<i>Datasheet</i> PiCamera v1.3	21
3.1	<i>Datasheet Single Point Load Cell</i> Model CZL-601	34
4.1	Hasil Penerapan <i>Working Distance</i> Pada Rancangan	52
4.2	Pengukuran Massa Menggunakan Sensor <i>Load Cell</i> Pada Posisi <i>Platform</i>	57
4.3	Nilai Hasil Data <i>Load Cell</i>	57
4.4	Pengukuran Massa Bertahap Menggunakan <i>Load Cell</i>	59
4.5	Nilai Hasil Data <i>Load Cell</i> Pengukuran Massa Bertahap	59
4.6	Pengukuran Massa Serentak Menggunakan <i>Load Cell</i>	60
4.7	Nilai Hasil Data <i>Load Cell</i> Pengukuran Massa Serentak	61
4.8	Komposisi Data Training dan Test Buah	63
4.9	Parameter Pelatihan Dataset Buah	65
4.10	Nilai Hasil <i>Training</i> Arsitektur	75
4.11	Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Untuk Pengujian Deteksi Objek	78
4.12	<i>Confusion Matrix</i> Arsitektur EfficientDet D-0 <i>Pre-Processing</i> 2592 × 1944 piksel Kondisi 1	90
4.13	<i>Confusion Matrix</i> Arsitektur EfficientDet D-0 <i>Pre-Processing</i> 800 × 600 piksel Kondisi 1	90
4.14	<i>Confusion Matrix</i> Arsitektur MobileNetV2 <i>Pre-Processing</i> 2592 × 1944 piksel Kondisi 1	91
4.15	<i>Confusion Matrix</i> Arsitektur MobileNetV2 <i>Pre-Processing</i> 800 × 600 piksel Kondisi 1	92
4.16	Hasil Evaluasi Masing - Masing Arsitektur Kondisi 1	92
4.17	<i>Confusion Matrix</i> Arsitektur EfficientDet D-0 <i>Pre-Processing</i> 2592 × 1944 piksel Kondisi 2	93
4.18	<i>Confusion Matrix</i> Arsitektur EfficientDet D-0 <i>Pre-Processing</i> 800 × 600 piksel Kondisi 2	94
4.19	<i>Confusion Matrix</i> Arsitektur MobileNet V2 <i>Pre-Processing</i> 2592 × 1944 piksel Kondisi 2	94
4.20	<i>Confusion Matrix</i> Arsitektur MobileNet V2 <i>Pre-Processing</i> 800 × 600 piksel Kondisi 2	95

4.21 Hasil Evaluasi Masing - Masing Arsitektur Kondisi 2	96
4.22 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur Efficientdet D-0 2592×1944	96
4.23 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur Efficientdet D-0 800×600	97
4.24 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur MobileNetV2 2592×1944	97
4.25 <i>Confusion Matrix</i> Arsitektur MobileNetV2 800×600	98
4.26 Hasil Evaluasi Masing - Masing Arsitektur	99
4.27 Komposisi Data <i>Training</i> dan <i>Test Dataset</i> Tangan Dengan Total Data Keseluruhan	99
B.1 Hasil Deteksi Objek Tangan Kondisi 1	123
B.2 Hasil Deteksi Objek Tangan Kondisi 2	126

Daftar Gambar

1.1	Kasus Tumpukan Buah Pisang Pada Saat Proses <i>Checkout</i>	3
1.2	Metodologi Penelitian Tugas Akhir	6
2.1	Proses Layanan Sistem	10
2.2	<i>Processing flow</i> Dalam Pemindaian Menggunakan <i>Computer Vision</i> untuk <i>Automatic Self-Checkout System</i>	11
2.3	Kategori Algoritma <i>Machine Learning</i> Sesuai Dengan Sifat Data Pelatihan	12
2.4	Perbandingan antara Klasifikasi Objek, Pengenalan Objek, Deteksi Objek dan Masalah Segmentasi <i>Instance</i>	15
2.5	Pelabelan <i>Bounding Box</i> Pada Deteksi Objek	15
2.6	<i>Intersection over Union</i> (IoU)	16
2.7	<i>Layer</i> Arsitektur CNN Sederhana	17
2.8	Cara Kerja Konvolusi	18
2.9	<i>Max-Pooling</i> , Filter 2×2	19
2.10	Raspberry Pi Model 4B	20
2.11	<i>Load Cell</i> Tipe <i>Beam</i>	21
2.12	Pemasangan <i>Load Cell Cantilever</i>	22
2.13	Rangkaian <i>Wheat Stone Bridge</i>	22
2.14	Modul <i>Amplifier</i> HX711	23
3.1	Arsitektur Sistem <i>Automatic Self-Checkout</i>	30
3.2	Penentuan <i>Working Distance</i> PiCamera	31
3.3	Desain Mekanik <i>Automatic Self-Checkout</i>	33
3.4	Area Pemuatan Sensor <i>Load Cell</i> Tipe <i>Single Point</i>	34
3.5	Kode Warna Kabel Pada Sensor <i>Load Cell</i>	35
3.6	Skema Arsitektur <i>EfficientDet</i>	36
3.7	<i>Flowchart</i> Inisialisasi Sistem	37
3.8	<i>Flowchart</i> Proses Pendeteksian Produk	38
3.9	<i>Flowchart</i> Proses Penyimpanan Daftar Harga menggunakan MySQL	40
3.10	Pengambilan Gambar Dataset Buah Iterasi 1	42
3.11	Pengambilan Gambar Dataset Buah Iterasi 2	42
3.12	Pengukuran Berat Menggunakan Timbangan	43

3.13	Penempatan Sensor <i>Load Cell</i> Pada Platform	43
3.14	<i>Mounting Kit</i> Sensor <i>Load Cell Tipe Beam</i>	43
3.15	Pembacaan Sensor <i>Load Cell</i> Nilai <i>Offset</i>	44
3.16	Pembacaan Sensor <i>Load Cell</i> Sebelum Kalibrasi	44
3.17	Penerapan Nilai Referensi Pada Kode <i>Load Cell</i>	45
3.18	Penambahan Pengambilan Gambar Dataset Tangan	46
4.1	Ukuran <i>Working Distance</i> Dengan Jarak 27,9 cm	50
4.2	Hasil Percobaan 1 <i>Working Distance</i> Pada PiCamera V1.3	50
4.3	Ukuran <i>Working Distance</i> Dengan Jarak 24,8 cm	51
4.4	Hasil Percobaan 2 <i>Working Distance</i> Pada PiCamera V1.3	51
4.5	Cakupan Kamera yang Digunakan pada Rancangan	52
4.6	Struktur Mekanik <i>Automatic Self-Checkout System</i>	53
4.7	Konfigurasi Posisi massa Pada <i>Platform</i>	54
4.8	Kalibrasi Loadcell Posisi 1	56
4.9	Kalibrasi Loadcell Posisi 2	56
4.10	Kalibrasi Loadcell Posisi 3	56
4.11	Kalibrasi Loadcell Posisi 4	56
4.12	Kalibrasi Loadcell Posisi 5	56
4.13	Kalibrasi Loadcell Posisi 6	56
4.14	Kalibrasi Loadcell Posisi 7	56
4.15	Kalibrasi Loadcell Posisi 8	56
4.16	Kalibrasi Loadcell Posisi 9	56
4.17	Kalibrasi Loadcell Penambahan Berat	58
4.18	Kalibrasi Loadcell Penambahan Berat	58
4.19	Kalibrasi Loadcell Penambahan Berat Sekaligus	60
4.20	Tahapan Proses <i>Machine Learning</i>	62
4.21	Proses <i>Labeling</i> Dataset	64
4.22	Plot MobileNetV2 Parameter mAP Berdasarkan Jumlah Step	66
4.23	Plot MobileNetV2 Parameter <i>Loss</i> Berdasarkan Jumlah Step	67
4.24	Plot EfficientDet D-0 Parameter mAP Berdasarkan Jumlah Step	68
4.25	Plot EfficientDet D-0 Parameter <i>Loss</i> Berdasarkan Jumlah Step	68
4.26	Plot EfficientDet D-0 800 × 600 Parameter mAP Berdasarkan Jumlah Step	69
4.27	Plot EfficientDet D-0 800 × 600 Parameter <i>Loss</i> Berdasarkan Jumlah Step	69
4.28	Plot MobileNetV2 800 × 600 Parameter mAP Berdasarkan Jumlah Step	70
4.29	Plot MobilenetV2 D-0 800 × 600 Parameter <i>Loss</i> Berdasarkan Jumlah Step	71
4.30	Plot MobileNetV2 Parameter IoU Berdasarkan Jumlah Step	72
4.31	Plot EfficientDet D-0 Parameter IoU Berdasarkan Jumlah Step	72
4.32	Plot MobileNetV2 800 × 600 Parameter IoU Berdasarkan Jumlah Step	73
4.33	Plot EfficientDet D-0 800 × 600 Parameter IoU Berdasarkan Jumlah Step	74
4.34	Waktu Inferensi Pendeteksian Arsitektur	75

4.35 Tahapan Proses Evaluasi Secara <i>Real-Time</i>	76
4.36 Kondisi Lampu Rancangan Mati Dengan Intensitas Cahaya Lingkungan Pasar Swalayan	77
4.37 Kondisi Lampu Rancangan 5V Dinyalakan Dengan Intensitas Cahaya Lingkungan Pasar Swalayan	77
4.38 Kondisi Lampu Rancangan Mati Dengan Intensitas Cahaya Lingkungan <i>Supermarket</i>	77
4.39 Kondisi Lampu Rancangan 5V Dinyalakan Dengan Intensitas Cahaya Lingkungan <i>Supermarket</i>	77
4.40 Pembagian Data <i>Confusion Matrix</i> untuk Hasil Pendeteksian	79
4.41 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Produk Jenis Tunggal Dengan Kondisi 1	80
4.42 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Produk Jenis Tunggal Dengan Kondisi 2	81
4.43 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Produk Jenis Tunggal Dalam Plastik Dengan Kondisi 1	82
4.44 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Produk Jenis Tunggal Dalam Plastik Dengan Kondisi 2	83
4.45 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Beberapa Produk Jenis Tunggal Dengan Kondisi 1	84
4.46 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Beberapa Produk Jenis Tunggal Dengan Kondisi 2	84
4.47 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Beberapa Produk Jenis Tunggal Dalam Plastik Dengan Kondisi 1	85
4.48 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Beberapa Produk Jenis Tunggal Dalam Plastik Dengan Kondisi 2	86
4.49 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Produk Multi-Variasi Dengan Kondisi 1	87
4.50 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Produk Multi-Variasi Dengan Kondisi 2	87
4.51 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Produk Multi-Variasi Dalam Plastik Dengan Kondisi 1	88
4.52 Hasil Pengujian Arsitektur Deteksi Objek Produk Multi-Variasi Dalam Plastik Dengan Kondisi 2	89
4.53 Hasil Pengujian Arsitektur EfficientDet D-0 Terhadap Objek Tangan	100
4.54 Tampilan UI Sistem <i>Automatic Self-Checkout</i>	101
4.55 Notifikasi Pada UI Jika Terdeteksi 'Tangan' dan Buah Tanpa Adanya Penambahan Berat	102
4.56 Notifikasi Pada UI Jika Terdeteksi 'Tangan' dan Buah Dengan Penambahan Berat	102
4.57 Notifikasi Pada UI Jika Terdapat Objek dengan <i>Confidence</i> Kurang Dari 80%	103
4.58 Notifikasi Pada UI Jika Terdapat Produk Multi-Variasi	104
4.59 Notifikasi Setelah Pembayaran Dilakukan	105
4.60 Tampilan Penyimpanan Data Menggunakan Aplikasi MySQL	106

A.1	Ukuran Desain Menggunakan Proyeksi Eropa	117
A.2	<i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem <i>Automatic Self-Checkout</i>	118
A.3	Skematik Rancangan	119
A.4	Rangkaian Elektrik Rancangan	120

Daftar Singkatan

CNN	<i>Convolutional Neural Network</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
ANN	<i>Artificial Neural Network</i>
MLP	<i>Multi-Layer Perceptrons</i>
FCL	<i>Fully-Connected Layers</i>
SBC	<i>Single Board Computer</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
DBMS	<i>Database Management System</i>
POS	<i>Point of sales</i>
FLOPS	<i>Floating Point Operations Per Second</i>
TP	<i>True Positive</i>
FP	<i>False Positive</i>
FN	<i>False Negative</i>
TN	<i>True Negative</i>
FoV	<i>Field of View</i>

Bab 1

Pendahuluan

Bab ini berisi mengenai latar belakang, perumusan dan batasan masalah yang dihadapi terkait sistem *checkout* tanpa *barcode* khususnya pada proses pembelian buah di *supermarket* dengan pengembangan *Self-checkout system* secara otomatis sehingga dapat dilakukan secara *cashierless*. Selain itu juga dijelaskan mengenai tujuan, manfaat, dan metodologi dari *Automatic Self-Checkout System* menggunakan algoritma deteksi objek. Bab ini akan diakhiri dengan sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini.

1.1 Latar Belakang Masalah

Prosedur otomatisasi untuk pelayanan mandiri (*Self-Checkout*) untuk pasar ritel bukanlah hal baru, sudah ada sejak tahun 80-an [1], 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 disetiap pos pembayaran. Namun, cara ini membutuhkan kepercayaan kepada pelanggan, berharap pelanggan benar - benar memindai semua produk yang sudah dibawa dari toko ritel.

Pada proses penjualan buah memerlukan layanan manual (dengan *cashier*) yang tidak hanya mengkonsumsi tenaga manusia akan tetapi juga lebih rentan terhadap kesalahan pemasukan data untuk pelabelan buah [2]. Mengenal berbagai jenis buah adalah salah satu masalah yang dihadapi untuk melakukan pembayaran khususnya di *supermarket* dan toko buah yang menggunakan layanan manual, karena penjual harus menunjukkan pelabelan kategori dan berat dari buah tertentu untuk menentukan harganya. Penggunaan *barcode* sebagian besar telah mengatasi masalah ini untuk produk yang dikemas. Untuk produk buah yang tidak dikemas proses pembayaran produk perlu melewati proses penimbangan buah, memasukan kode

untuk menentukan jenis buah, lalu pencetakan *barcode* hanya untuk penentuan harga pemesanan [3].

Dalam pengembangan sistem *automatic self-checkout* yang dapat mengatasi masalah tersebut diperlukan sistem yang dengan akurat dan cepat dalam mendeteksi produk tanpa memerlukan *barcode* dan tanpa adanya layanan menggunakan *cashier* (*cashierless*).

Pada Makalah [4], telah menyajikan sebuah sistem yang memanfaatkan *computer vision* untuk mengotomatisasi proses identifikasi buah dengan sistem swalayan di ritel pasar dengan menciptakan sistem yang ramah pengguna dengan menggunakan kamera. Pada makalah tersebut, rancangannya menggunakan arsitektur CNN dengan akurasi 97% (hanya untuk buah tertentu). Untuk dapat mengganti layanan manual, sistem memerlukan arsitektur deteksi objek dengan cepat dan akurat. Pemilihan deteksi objek pada literatur [5] dilakukan pada arsitektur EfficientDet D-0 dan SSD MobileNetV2 untuk memperlihatkan kinerja masing - masing arsitektur mengenai mAP, IoU (*Intersection over Union*), *loss* dan waktu rata - rata pendeteksian untuk dapat melakukan deteksi objek secara *real-time* pada rancangan.

Pada negara Indonesia biasanya pengemasan penjualan buah dilakukan menggunakan plastik [6]. Untuk dapat melakukan pendeteksian menggunakan algoritma *computer vision* dengan tujuan pengelompokan buah yang dimasukkan kedalam kantong plastik menurut literatur [7], diperlukan proses pengumpulan dataset untuk pelatihan dengan metode penambahan varian gambar buah tanpa menggunakan plastik dan ketika buah didalam kantong plastik. Proses tersebut diperlukan karena pada saat proses pengumpulan data menggunakan kamera, objek yang terdistorsi akibat plastik akan mempengaruhi data yang menyebabkan hasil *learning* dengan tingkat akurasi yang rendah.

Akan tetapi penggunaan kamera untuk sistem *checkout* buah memiliki kelemahan yaitu ketika buah tertumpuk sehingga buah yang paling bawah tidak terlihat oleh kamera. Kasus penumpukan buah ini di ilustrasikan pada Gambar 1.1. Pada gambar tersebut terlihat buah pisang yang tertumpuk sehingga buah yang berada pada posisi paling bawah tidak dapat terlihat jelas oleh kamera yang menyebabkan total buah tidak dapat ditentukan jika hanya menggunakan kamera.



Gambar 1.1 Kasus Tumpukan Buah Pisang Pada Saat Proses *Checkout*

Untuk mengatasi hal tersebut, Tugas Akhir ini akan difokuskan kepada penelitian sistem *automatic self-checkout* dengan menggunakan 1 (satu) kamera dengan tipe PiCamera V1.3 dengan jaringan deteksi objek menggunakan CNN untuk identifikasi jenis buah yang akan dibeli secara *real-time* pada *single board computer* Raspberry Pi 4B. Serta integrasi penimbangan berat menggunakan *single point load cell* CZL601 untuk mengatasi penentuan total harga buah dengan perhitungan harga buah per-kilogram \times dengan jumlah beratnya pada platform. Hasil dari penentuan harga total buah akan dimasukkan kedalam daftar yang ditampilkan pada layar *display* LCD 7 inch *touch screen* untuk melihat dan memproses informasi pemesanan. Informasi pemesanan tersebut akan dikirim kedalam *Database Management System* menggunakan perangkat lunak MySQL untuk disimpan sehingga dapat mengatasi masalah kehilangan data pemesanan yang dilakukan dengan penggunaan aplikasi webserver phpMyAdmin untuk memudahkan pengguna dalam menganalisis *database*. Pengujian yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini yaitu menentukan *working distance* kamera berdasarkan spesifikasi FOV (*Field of View*) pada kamera, kalibrasi sensor *load cell*, pengujian arsitektur deteksi objek untuk proses *machine learning* (pengambilan dataset, *pre-processing* ukuran piksel pada gambar *dataset*, penentuan parameter *training*, proses *training*) dan melakukan evaluasi pengujian deteksi secara *real-time* untuk deteksi objek pada *dataset* buah (menggunakan/tanpa plastik) dan tangan dengan tingkat pencahayaan *supermarket* dan pasar swalayan untuk memastikan bahwa sistem tersebut dapat beroperasi secara akurat dan efisien dalam

kondisi pencahayaan yang bervariasi. Hasil dari evaluasi akan di proses menggunakan *confusion matrix* untuk penentuan arsitektur deteksi objek yang akan digunakan pada rancangan Tugas Akhir ini.

1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari sistem *automatic self checkout*, terdapat beberapa masalah yang harus dipertimbangkan pada saat merancang sistem tersebut. Berikut adalah beberapa masalah tersebut:

1. Bagaimana tahapan sistem untuk melakukan *checkout* buah, khususnya untuk identifikasi jenis dan pengukuran berat untuk menentukan harga buah yang akan dibeli?
2. Bagaimana penerapan perhitungan *working distance* PiCamera pada rancangan?
3. Bagaimana kalibrasi sensor *single point load cell* pada platform?
4. Bagaimana penentuan arsitektur yang akan digunakan pada rancangan?
5. Apakah sistem deteksi objek dapat beroperasi secara akurat dalam kondisi pencahayaan *supermarket* dan pasar swalayan?

1.3 Batasan Masalah dan Asumsi

Untuk membantu mengurangi masalah yang dipertimbangkan selama proses perancangan sistem, maka dapat diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Hanya dapat mendeteksi 4 (empat) jenis buah yaitu buah apel, jeruk, lemon dan pisang. Secara spesifik varian buah apel yang digunakan pada dataset adalah buah apel red delicious, untuk buah jeruk adalah jeruk sunkist, untuk buah pisang adalah pisang Cavendish, pisang ambon dan untuk buah lemon adalah lemon California.
2. Buah lain tidak dapat dikenali jika tidak ada didalam *dataset*.
3. Rancangan tidak menangani masalah sistem keamanan untuk proses *checkout*.
4. Rancangan tidak menyambungkan dengan sistem pembayaran.

Adapun berikut merupakan asumsi yang digunakan selama proses perancangan untuk mengurangi pertimbangan yang diakibatkan oleh hal yang tidak terduga:

1. Proses deteksi objek buah hanya dapat dilakukan untuk 1 (satu) jenis buah jika terdapat lebih dari 1 (satu) jenis maka sistem akan menampilkan pemberitahuan bahwa proses pembelian tidak dapat dilakukan.

2. Penempatan buah diletakan ditengah timbangan buah untuk memudahkan identifikasi menggunakan kamera dan penimbangan berat.
3. Hasil pendeteksian pada *bounding box* menggunakan label jenis buah (contoh: apel, jeruk, lemon dan pisang) dan bukan varian buah (apel red delicious, jeruk sunkist, pisang Cavendish).
4. Pengemasan kantung plastik ketat selama proses deteksi objek buah menggunakan kantung plastik.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir merancang sebuah sistem *computer vision* yang dapat melakukan klasifikasi dan segmentasi menggunakan arsitektur deteksi objek terhadap buah apel, jeruk, lemon dan pisang tanpa menggunakan maupun menggunakan plastik dengan tingkat pencahayaan *supermarket* dan pasar swalayan dengan cepat dan akurat.

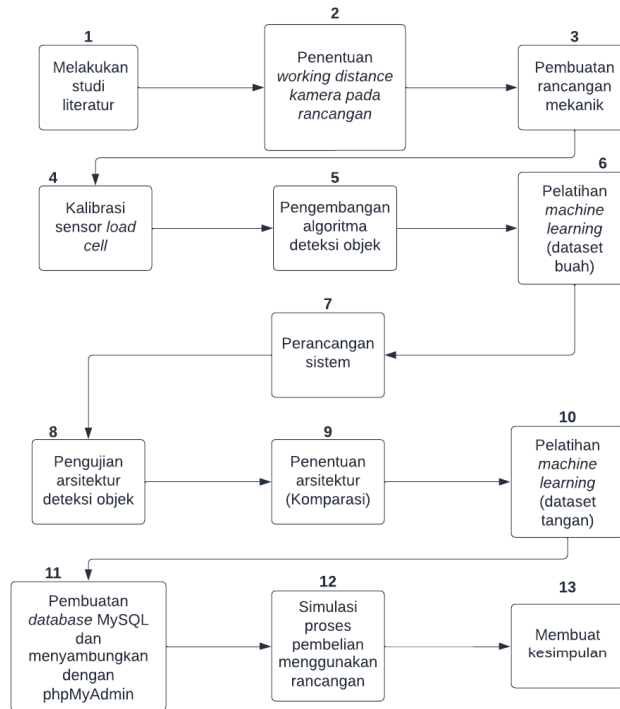
1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang diperoleh dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagi peneliti, mampu membuat implementasi sistem *automatic self-checkout* khususnya untuk buah berbasis *computer vision* menggunakan arsitektur CNN.
2. Terhadap pengembangan sistem pelayanan manual, penerapan deteksi objek pada penelitian ini diharapkan dapat memudahkan proses pembelian buah.
3. Bagi pengguna, penerapan sistem ini diharapkan dapat menghilangkan proses identifikasi buah secara manual dan pelabelan kode *barcode*.
4. Bagi mahasiswa Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika UNPAR, penelitian ini dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran dan referensi terkait tentang cara kerja *computer vision* untuk tugas deteksi objek dan *Convolutional Neural Network*.

1.6 Metodologi Tugas Akhir

Metodologi dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini dapat ditampilkan pada Gambar 1.2 dengan keterangan sebagai berikut:



Gambar 1.2 Metodologi Penelitian Tugas Akhir

1. Melakukan studi literatur melalui buku dan jurnal untuk mengetahui ilmu yang digunakan dalam *computer vision* untuk tugas deteksi objek. Studi literatur juga dilakukan untuk membandingkan metode ataupun mencari masalah yang belum terbahas sebelumnya.
2. Penentuan *working distance* dilakukan untuk langkah awal perancangan desain mekanik sehingga dapat menentukan tinggi rancangan yang optimal untuk cakupan kamera.
3. Pembuatan rancangan mekanik dilakukan untuk merealisasikan desain yang sudah dibuat.
4. Kalibrasi sensor *load cell* dilakukan untuk memastikan bahwa sensor tersebut memberikan hasil pengukuran yang akurat, konsisten dan dapat digunakan pada rancangan.
5. Pengembangan algoritma deteksi objek meliputi pengumpulan data gambar yang berisi objek-objek yang ingin dideteksi, langkah selanjutnya adalah melakukan pelabelan yaitu menandai lokasi dan klasifikasi objek pada setiap

gambar, lalu menentukan model deteksi objek pada Tugas Akhir ini model yang akan diuji adalah model EfficientDet D-0 dan MobileNetV2.

6. Selanjutnya, melakukan pelatihan menggunakan dataset buah yang telah dilabeli pada langkah sebelumnya.
7. Perancangan sistem meliputi pembuatan algoritma dan *flowchart* dari sistem yang akan dibuat sekaligus merealisasikan sistem tersebut.
8. Pengujian arsitektur deteksi objek dilakukan secara *real-time* untuk mendapatkan nilai akurasi, presisi dan *recall*.
9. Penentuan arsitektur dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian arsitektur EfficientDet D-0 dengan MobileNetV2 terhadap nilai akurasi, presisi dan *recall* dan rata - rata waktu inferensi.
10. Dilakukan kembali pelatihan untuk dataset tangan untuk arsitektur yang sudah ditentukan. Sebelum melakukan proses ini perlu dilakukan kembali langkah 5 (lima).
11. Pembuatan *database* MySQL dan menyambungkan dengan phpMyAdmin untuk penyimpanan data hasil pengujian simulasi.
12. Melakukan pengujian sistem *automatic self-checkout*. Program dijalankan secara langsung pada rancangan untuk mengetahui performa sesungguhnya dari arsitektur deteksi objek yang telah ditentukan, *User Interface* (UI) dan penyimpanan *database*.
13. Membuat kesimpulan dari hasil uji coba dan analisa yang telah dibuat. Memberikan saran dan masukkan untuk pengembangan dan perbaikan sistem.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan ini dibagi menjadi 3 bab, yakni sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan.** Dalam bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan Tugas Akhir, manfaat Tugas Akhir, metodologi Tugas Akhir serta sistematika penulisan .
2. **Bab 2 Tinjauan Pustaka.** Bab ini berisi teori-teori, *Automatic Self-Checkout*, *State Of The Art* untuk rancangan yang akan dibuat, *Machine learning*, *Computer Vision* dan deteksi objek, penjelasan dari algoritma *Convolutional Neural Network*, fungsi *Transfer Learning* dan penggunaannya pada rancangan, Mikrokontroler Raspberry Pi, Sensor Gaya *Load Cell* serta penjelasan cara kerja sensor tersebut, dan *Database Management System* menggunakan aplikasi MySQL dan phpMyAdmin serta tinjauan literatur.
3. **Bab 3 Perancangan Sistem.** Dalam bab ini dipaparkan antara lain:

- (a) Kriteria atau spesifikasi sistem *Automatic Self-Checkout*.
 - (b) Rincian komponen yang akan digunakan.
 - (c) Menentukan *Working Distance* Pi Camera Pada Rancangan
 - (d) Desain mekanik serta penempatan komponen.
 - (e) Sensor *load cell* yang akan digunakan
 - (f) Rancangan algoritma deteksi objek serta percobaan yang dilakukan untuk menentukan arsitektur yang akan digunakan pada rancangan.
 - (g) *Flowchart* sistem rancangan.
 - (h) Rancangan kalibrasi sensor *load cell*.
 - (i) Kondisi uji coba yang akan dilakukan meliputi pengujian *working distance*, pengumpulan *dataset* buah, kalibrasi sensor *load cell*, Proses *machine learning dataset buah*, penentuan arsitektur, evaluasi pengujian objek tangan, dan Membuat Uji Coba *Sistem Automatic Self-Checkout*.
4. **Bab 4 Pengujian dan Analisa Data** Dalam bab ini dipaparkan antara lain :
- (a) Struktur Mekanik *Automatic Self-Checkout System*.
 - (b) Kalibrasi Sensor *Load Cell*.
 - (c) Proses *Machine Learning* Dataset Buah.
 - (d) Evaluasi Pengamatan Secara Visual Keakuratan Arsitektur.
 - (e) Evaluasi Pemilihan Penerapan Arsitektur Pada Rancangan.
 - (f) Evaluasi Pengujian Deteksi Objek Tangan.
 - (g) *User Interface* Sistem *Automatic Self-Checkout*.
5. **Bab 5 Kesimpulan dan Saran** Bab ini berisi kesimpulan yang ditarik dari hasil pengujian dan analisa data serta saran yang dapat digunakan sebagai referensi pengembangan.