

TESIS

**Perancangan Model dan Aplikasi Manajemen
Persediaan berbasis Kecerdasan Buatan dan
Internet of Things untuk Membangun Retail
Berkelanjutan**



Gregorios Ferrari Pramudika

22 56 12163

**Program Studi Magister Teknik Industri
Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
2024**



Universitas Atma Jaya Yogyakarta



Departemen Teknik Industri

Fakultas Teknik Industri

Program Studi Magister Teknik Industri

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Nama : Gregorios Ferrari Pramudika
Nomor Mahasiswa : 22 56 12163
Konsentrasi : *Business Analytics*
Judul Tesis : Perancangan Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan berbasis Kecerdasan Buatan dan *Internet of Things* untuk Membangun Retail Berkelanjutan

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Ririn Diar Astanti, S.T., M.MT., Dr.Eng, IPM., ASEAN Eng	13 Agustus 2024	
Prof. Ir. The Jin Ai, S.T., M.T. Dr. Eng., IPM	13 Agustus 2024	

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

PERANCANGAN MODEL DAN APLIKASI MANAJEMEN PERSEDIAAN BERBASIS KECERDASAN BUATAN
DAN INTERNET OF THINGS UNTUK MEMBANGUN RETAIL BERKELANJUTAN

yang disusun oleh

Gregorios Ferrari Pramudika

225612163

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 27 Agustus 2024

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Prof. Dr.Eng. Ir. Ririn Diar Astanti, S.T., M.MT.	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: Prof. Dr.Eng., Ir. The Jin Ai, S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Prof. Dr.Eng. Ir. Ririn Diar Astanti, S.T., M.MT.	Telah Menyetujui
Penguji 2	: Dr. Ir. Ign.Luddy Indra Purnama, M.Sc.	Telah Menyetujui
Penguji 3	: Dr. Parama Kartika D. SP., S.T., M.T.	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 27 Agustus 2024

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T.

Dokumen ini merupakan dokumen resmi UAJY yang tidak memerlukan tanda tangan karena dihasilkan secara elektronik oleh Sistem Bimbingan UAJY. UAJY bertanggung jawab penuh atas informasi yang tertera di dalam dokumen ini

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gregorios Ferrari Pramudika

NPM : 22 56 12163

Dengan ini menyatakan bahwa tesis saya dengan judul “Perancangan Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan berbasis Kecerdasan Buatan dan *Internet of Things* untuk Membangun Retail Berkelanjutan” merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2023/2024 yang bersifat original dan tidak mengandung *plagiasi* dari karya manapun.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku termasuk untuk dicabut gelar Magister yang telah diberikan Universitas Atma Jaya Yogyakarta kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 13 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Gregorios Ferrari Pramudika

INTISARI

Isu keberlanjutan bertujuan untuk menciptakan kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan yang baik baik untuk saat ini maupun di masa depan. Keberlanjutan adalah tanggung jawab berbagai sektor, termasuk industri ritel. Salah satu aspek penting dari keberlanjutan adalah efisiensi energi, terutama di sektor ritel yang memiliki konsumsi energi tinggi, dengan sebagian besar berasal dari penggunaan cold storage. Cold storage menyerap sekitar 45% dari total konsumsi energi listrik ritel, dan konsumsi ini seringkali tinggi akibat kebiasaan pengguna. Seringnya pembukaan pintu, serta cold storage yang tidak terisi penuh atau bahkan kosong yang disebabkan oleh pengelolaan persediaan yang kurang optimal merupakan contoh kondisi yang dapat membuat cold storage tidak dapat bekerja dengan efisien, menimbulkan pemborosan energi serta meningkatkan biaya energi pada produk yang disimpan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model dan aplikasi manajemen persediaan menggunakan teknologi terbaru, seperti kecerdasan buatan dan IoT, untuk mengoptimalkan pengisian ulang cold storage sambil mempertimbangkan biaya energi. Model dan aplikasi manajemen persediaan yang dihasilkan berhasil memberikan notifikasi pengisian ulang persediaan berdasarkan gambar kondisi persediaan yang diproses menggunakan model Convolutional Neural Network dan terbukti mengurangi biaya energi total per unit sebesar 18,1% dan biaya persediaan total sebesar 6,9% dibandingkan dengan model manajemen persediaan tradisional pemantauan berkala.

Kata kunci: Keberlanjutan; Retail; Energi; Kecerdasan Buatan; *Internet of Things*

ABSTRACT

Sustainability issues aim to create good social, economic, and environmental conditions for both the present and the future. Sustainability is the responsibility of various sectors, including the retail industry. One important aspect of sustainability is energy efficiency, especially in the retail sector which has high energy consumption, with most of it coming from the use of cold storage. Cold storage absorbs around 45% of total retail electricity consumption, and this consumption is often high due to user habits. Frequent door openings, as well as cold storage that is partially filled or even empty caused by suboptimal inventory management, are examples of conditions that can make cold storage unable to work efficiently, causing energy waste and increasing energy costs for stored products. This study aims to develop an inventory management model and application using the latest technology, such as artificial intelligence and IoT, to optimize cold storage replenishment while considering energy costs. The resulting inventory management model and application successfully provide inventory replenishment notifications based on inventory condition images processed using the Convolutional Neural Network model and are proven to reduce total energy costs per unit by 18.1% and total inventory costs by 6.9% compared to the traditional inventory management model of periodic monitoring.

Keywords: *Sustainability; Retail; Energy; Artificial Intelligence; Internet of Things*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan Laporan Tesis ini dengan baik dan tepat waktu. Laporan Tesis ini disusun dengan tujuan sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Magister Teknik Industri.

Penulis juga ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penelitian dan penyusunan laporan ini. Terutama, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- a. Orang tua, Bapak Mikael Nugroho Karmorinasmoro (Ayah) dan Ibu Maria Assumpta Lilis Retnowati (Ibu) serta sanak saudara yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
- b. Bapak Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T. IPU selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- c. Bapak Dr. Ir. Ign. Luddy Indra P, M.Sc. IPU selaku Kepala Departemen Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- d. Ibu Dr. Ir. Deny Ratna Yuniartha, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- e. Ibu Prof. Ir. Ririn Diar Astanti, S.T., M.MT., Dr.Eng., IPM, ASEAN Eng dan Bapak Prof. Ir. The Jin Ai, S.T., M.T. Dr. Eng, IPM selaku Dosen Pembimbing Tesis yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama perkuliahan hingga melakukan penelitian dan penulisan Laporan Tesis.
- f. Seluruh dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah memberikan bimbingan dan pengajaran yang berharga kepada penulis.
- g. Beasiswa PSMB yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mendapatkan bantuan biaya pendidikan selama menempuh pendidikan di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- h. Agnes Nanda Puspita Dewi yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan dan mengingatkan untuk segera menyelesaikan Laporan Tesis.
- i. Seluruh teman di Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas kebersamaan dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan.

Demikian yang dapat penulis sampaikan. Penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan pada penyusunan Laporan Tesis ini serta mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Akhirnya, semoga Laporan Tesis ini dapat bermanfaat dan menambah referensi bagi pihak-pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 13 Agustus 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'G' followed by 'm f.' and a long horizontal stroke extending to the right.

(Gregorios Ferrari Pramudika)

DAFTAR ISI

BAB	JUDUL	HAL
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
	Halaman Pengesahan Tim Penguji	iv
	Halaman Pernyataan	v
	Intisari	vi
	<i>Abstract</i>	vii
	Kata Pengantar	viii
	Daftar Isi	x
	Daftar Tabel	xii
	Daftar Gambar	xiii
1	Pendahuluan	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Rumusan Masalah	6
	1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	6
	1.4. Batasan dan Asumsi Penelitian	6
2	Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	7
	2.1. Tinjauan Pustaka	7
	2.2. Dasar Teori	20
3	Metodologi Penelitian	31
	3.1. Jenis, Lokasi, dan Waktu Penelitian	31
	3.2. Metodologi dan Tahapan Penelitian	31
4	Pengembangan Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan	35
	4.1. Usulan Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan	35
		x

4.2. Batas Pengisian Ulang Berdasarkan Biaya Energi	38
5 Studi Kasus di Serviens Mart	41
5.1. Penyusunan Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan Berbasis Kecerdasan Buatan dan IoT	41
5.2. Pengujian Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan	57
5.3. Evaluasi Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan	58
5.4. Pembahasan	71
6 Kesimpulan dan Saran	74
6.1. Kesimpulan	74
6.2. Saran	74
Daftar Pustaka	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kontribusi Penelitian pada Isu Energi pada Retail Berkelanjutan	15
Tabel 2.2. Kontribusi Penelitian pada Manajemen Persediaan di Sektor Retail	16
Tabel 2.3. Kontribusi Penelitian pada Sistem Pemantauan Persediaan	17
Tabel 2.4. Estimator Distribusi	23
Tabel 5.1. Daftar Kolom pada Basis Data	45
Tabel 5.2. Contoh Hasil Akuisi Data	50
Tabel 5.3. Perubahan Biaya Energi per Unit per Jam Berdasarkan Tingkat Persediaan	51
Tabel 5.4. Daftar Notasi yang Digunakan pada Simulasi	61
Tabel 5.5. Contoh Hasil Perhitungan Waktu Antar Kedatangan Pelanggan	62
Tabel 5.6. Probabilitas Permintaan Pelanggan	63
Tabel 5.7. Contoh Aktivitas Pengisian Ulang pada Data	66
Tabel 5.8. Daftar Nilai Parameter Model Persediaan Pemantauan Berkala	68
Tabel 5.9. Hasil Simulasi Kombinasi Parameter Model Persediaan Pemantauan Berkala	68
Tabel 5.10. Hasil Simulasi Model Persediaan Usulan	69
Tabel 5.11. Penentuan Solusi Optimal Model Persediaan Pemantauan Berkala	71
Tabel 5.12. Rekapitulasi Hasil Simulasi	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Mind Map Latar Belakang Penelitian	5
Gambar 2.1. Mind Map Isu Energi pada Retail Berkelanjutan	18
Gambar 2.2. Mind Map Manajemen Persediaan pada Retail	19
Gambar 2.3. Saluran Distribusi dan Peran Retail dalam Proses Sorting	20
Gambar 2.4. Arsitektur IoT	25
Gambar 2.5. Relasi antara AI, ML, dan DL	26
Gambar 2.6. Neural Network	27
Gambar 2.7. Lapisan pada CNN	28
Gambar 2.8. Siklus Pengembangan Aplikasi AI	29
Gambar 2.9. Proses KDD	30
Gambar 3.1. Diagram Alir Tahap Identifikasi Masalah	32
Gambar 3.2. Diagram Alir Tahap Pengembangan Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan	33
Gambar 3.3. Diagram Alir Tahap Studi Kasus	34
Gambar 4.1. Fase Pengembangan Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan Berbasis Kecerdasan Buatan dan IoT	37
Gambar 4.2. Fase Implementasi Model dan Aplikasi Manajemen Persediaan Berbasis Kecerdasan Buatan dan IoT	38
Gambar 4.3. Contoh Siklus Mesin Pendingin untuk Mempertahankan Temperatur	38
Gambar 4.4. Perubahan Biaya Energi per Unit per Satuan Waktu Terhadap Jumlah Produk yang Disimpan	40
Gambar 5.1. Diagram Pengkabelan Raspberry Pi4	42
Gambar 5.2. Diagram Pengkabelan Arduino UNO R3	43
Gambar 5.3. Posisi Penempatan Sensor	44
Gambar 5.4. Diagram Alur Perulangan Pengambilan Data	49
Gambar 5.5. Grafik Perubahan Biaya Energi per Unit per Jam Berdasarkan Tingkat Persediaan	52
Gambar 5.6. Penentuan Batas Pengisian Ulang Berdasarkan Biaya Energi	53
Gambar 5.7. Contoh Gambar Persediaan	54
Gambar 5.8. Gambar Hasil Pemrosesan Awal	55
Gambar 5.9. Performa Model CNN	56
Gambar 5.10. Alur Proses Pengujian	57

Gambar 5.11. Contoh Notifikasi Pengisian Ulang	58
Gambar 5.12. Alur Proses Simulasi Persediaan	59
Gambar 5.13. Proses Pemantauan Persediaan	60
Gambar 5.14. Histogram Waktu Antar Kedatangan Pelanggan per Hari	62
Gambar 5.15. Ilustrasi Perubahan Temperatur Setelah Pengisian Ulang	67
Gambar 5.16. Pareto Front Hasil Simulasi Model Persediaan Usulan	70
Gambar 5.17. Trade-offs Biaya Total Persediaan dengan Biaya Energi Total per Unit	72