

TUGAS AKHIR - EF234801

IMPLEMENTASI HYBRID COLLABORATIVE FILTERING UNTUK REKOMENDASI PRODUK PENAWARAN PADA SISTEM PENGELOLAAN DOKUMEN CV. EKHABIMA

ALOYSIUS DE DEO DARMO SUSANTO

NRP 5025221174

Dosen Pembimbing

Dr. Sarwosri, S.Kom, M.T.

NIP 197608092001122001

Program Studi Teknik Informatika

Departemen Teknik Informatika

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2026



TUGAS AKHIR - EF234801

IMPLEMENTASI HYBRID COLLABORATIVE FILTERING UNTUK REKOMENDASI PRODUK PENAWARAN PADA SISTEM PENGELOLAAN DOKUMEN CV. EKHABIMA

ALOYSIUS DE DEO DARMO SUSANTO

NRP 5025221174

Dosen Pembimbing

Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T.

NIP 197608092001122001

Program Studi Teknik Informatika

Departemen Teknik Informatika

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2026



FINAL PROJECT - EF234801

**IMPLEMENTATION OF HYBRID COLLABORATIVE
FILTERING FOR QUOTATION PRODUCT
RECOMMENDATION IN THE DOCUMENT MANAGEMENT
SYSTEM OF CV. EK HABIMA**

ALOYSIUS DE DEO DARMO SUSANTO

NRP 5025221174

Advisor

Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T.

NIP 197608092001122001

Bachelor of Informatics Study Program

Department of Informatics

Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2026

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI HYBRID COLLABORATIVE FILTERING UNTUK REKOMENDASI PRODUK PENAWARAN PADA SISTEM PENGELOLAAN DOKUMEN CV. EK HABIMA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Komputer pada
Program Studi S-1 Teknik Informatika
Departemen Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : ALOYSIUS DE DEO DARMO SUSANTO
NRP. 502522174

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T.

Pembimbing

2. Rizky Januar Akbar, S.Kom., M.Eng.

Penguji

3. Victor Hariadi, S.Si., M.Kom.

Penguji

SURABAYA

9 Juli, 2026

APPROVAL SHEET

IMPLEMENTATION OF HYBRID COLLABORATIVE FILTERING FOR QUOTATION PRODUCT RECOMMENDATION IN THE DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM OF CV. EKHABIMA

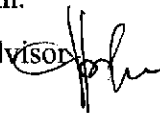
FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a Bachelor of Computer Science degree at
Undergraduate Study Program of Informatics
Department of Informatics
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : ALOYSIUS DE DEO DARMO SUSANTO
NRP. 502522174

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T.

Advisor 

2. Rizky Januar Akbar, S.Kom., M.Eng.

Examiner 

3. Victor Hariadi, S.Si., M.Kom.

Examiner 

SURABAYA

9 July, 2026

PERNYATAAN ORISINALITAS

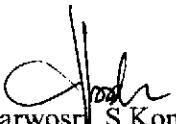
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Aloysius De Deo Darmo Susanto / 5025221174
Program studi : Teknik Informatika
Dosen Pembimbing / NIP : Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T. / 197608092001122001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "IMPLEMENTASI HYBRID COLLABORATIVE FILTERING UNTUK REKOMENDASI PRODUK PENAWARAN PADA SISTEM PENGELOLAAN DOKUMEN CV. EKHABIMA" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui
Dosen Pembimbing


Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T
197608092001122001

Surabaya, 26 Juni 2026
Mahasiswa


Aloysius De Deo Darmo Susanto
5025221174

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

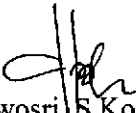
Name of student / NRP : Aloysius De Deo Darmo Susanto / 5025221174
Department : Bachelor of Informatics
Advisor / NIP : Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T. / 197608092001122001

Hereby declare that Final Project with the title of "IMPLEMENTATION OF HYBRID COLLABORATIVE FILTERING FOR QUOTATION PRODUCT RECOMMENDATION IN THE DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM OF CV. EK HABIMA" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Acknowledge
Advisor

Surabaya, 26 June 2026
Student


Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T
197608092001122001


Aloysius De Deo Darmo Susanto
5025221174

PERNYATAAN KODE ETIK PENGGUNAAN AI GENERATIF

Code of Conduct Statement: Generative AI or AI-Assisted Usage

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

I, the undersigned:

Nama Mahasiswa / NRP : Aloysius De Deo Darmo Susanto
Full Name / Student ID
Program Studi : S-1 Teknik Informatika
Study Program
Judul Tugas Akhir : IMPLEMENTASI HYBRID COLLABORATIVE
Final Project Title FILTERING UNTUK REKOMENDASI PRODUK
PENAWARAN PADA SISTEM PENGELOLAAN
DOKUMEN CV. EKHABIMA

dengan ini menyatakan bahwa pada Tugas Akhir dengan judul di atas tersebut:

hereby declare that in the Final Project with the above title

No.	Pernyataan Statement	(√)
1	Saya hanya menggunakan AI generatif sebagai alat bantu untuk memperbaiki tata bahasa. AI generatif tidak digunakan untuk membuat isi Tugas Akhir. <i>I only used generative AI as a tool to improve the readability or language of the text in my Final Project. It was not used to generate a complete text of my work.</i>	√
2	Saya telah memeriksa dan/atau memperbaiki seluruh bagian dari Tugas Akhir saya yang dibantu oleh AI generatif agar sesuai dengan baku mutu penulisan karya ilmiah. <i>I have reviewed and refined all aspects of my work that generative AI assists with, ensuring it adheres to the standards of academic writing.</i>	√
3	Saya tidak menggunakan AI generatif untuk pembuatan data primer, grafik dan/atau tabel pada Tugas Akhir saya. <i>I did not use generative AI to generate primary data, figures, and/or tables in my work.</i>	√
4	Saya telah memberikan atribusi/pengakuan terhadap alat AI yang digunakan, secara rinci pada suatu bagian pada lampiran. <i>I have acknowledged the use of generative AI in any part of the work in the specific appendix page.</i>	√
5	Saya memastikan tidak ada plagiarisme, termasuk hal yang berasal dari penggunaan AI generatif. <i>I have ensured that there is no plagiarism issue in the work, including any parts generated by AI.</i>	√

Surabaya, 26 Juni 2026

Mahasiswa



Aloysius De Deo Darmo Susanto
5025221174

ABSTRAK

IMPLEMENTASI HYBRID COLLABORATIVE FILTERING UNTUK REKOMENDASI PRODUK PENAWARAN PADA SISTEM PENGELOLAAN DOKUMEN CV. EKHABIMA

Nama Mahasiswa / NRP : Aloysius De Deo Darmo Susanto / 5025221174
Departemen : Teknik Informatika FTEIC - ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi model rekomendasi *Hybrid Collaborative Filtering* yang mampu merekomendasikan produk secara relevan pada proses penyusunan dokumen penawaran di CV. Ekhabima, guna mengatasi terlewatnya peluang penawaran produk pelengkap. Model ini kemudian diintegrasikan ke dalam sistem informasi penawaran dan pengelolaan dokumen berbasis *website* menggunakan kerangka kerja Laravel, sebagai sarana implementasi yang memastikan model dapat digunakan secara efektif dalam aktivitas operasional perusahaan sekaligus mengatasi inefisiensi pencatatan manual. Evaluasi performa model menunjukkan hasil kuantitatif yang sangat baik. Pada pengujian algoritma menggunakan metode *Leave-One-Out* ($K=5$), model *Hybrid* mencapai nilai *Hit Rate* sebesar 97,67% dan *Precision* sebesar 40,00%, melampaui *threshold* yang ditetapkan. Pendekatan *Hybrid* secara efektif mengatasi masalah bias popularitas pada matriks data yang memiliki tingkat *sparsity* 86,0%, dibuktikan dengan peningkatan metrik *Coverage* dari 3,30% menjadi 6,55% dibandingkan metode murni, sehingga memberikan peluang penawaran produk pelengkap pada produk berpermintaan rendah (*long-tail*). Ketahanan sistem terhadap kondisi *edge cases* mencapai 100% tanpa menghasilkan rekomendasi kosong. Pengujian waktu respons API layanan rekomendasi tercatat sangat optimal pada rentang 9 hingga 747 milidetik. Dari sisi sistem informasi sebagai sarana implementasi, *Blackbox testing* menunjukkan tingkat keberhasilan 100% pada 13 skenario *use case*, dan pengukuran *System Usability Scale* (SUS) memperoleh skor 77,5 yang masuk dalam kategori sangat baik. Implementasi ini juga terbukti memberikan penghematan waktu penyusunan draf penawaran hingga lebih dari 50% dibandingkan metode manual, sehingga meningkatkan efisiensi operasional.

Kata kunci: *Collaborative Filtering, Sistem Rekomendasi, Hybrid Filtering, Pengelolaan Dokumen, Sistem Informasi.*

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF HYBRID COLLABORATIVE FILTERING FOR QUOTATION PRODUCT RECOMMENDATION IN THE DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM OF CV. EKHABIMA

Student Name / NRP : Aloysius De Deo Darmo Susanto/ 5025221174
Department : Teknik Informatika FTEIC - ITS
Advisor : Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T.

Abstract

This research aims to develop and evaluate a Hybrid Collaborative Filtering recommendation model capable of providing relevant product recommendations during the quotation drafting process at CV. Ekhabima, in order to address missed opportunities for proposing complementary products. The model is then integrated into a web-based quotation and document management information system built using the Laravel framework, serving as an implementation medium that ensures the model can be used effectively in the company's operational activities while also addressing the inefficiencies of manual recording. System performance evaluation demonstrates excellent quantitative results. In the algorithm testing using the Leave-One-Out method ($K=5$), the Hybrid model achieved a Hit Rate of 97.67% and a Precision of 40.00%, exceeding the set thresholds. The Hybrid approach effectively overcomes the popularity bias problem in a data matrix with an 86.0% sparsity rate, evidenced by an increase in the Coverage metric from 3.30% to 6.55% compared to the pure collaborative method, thereby creating opportunities to recommend complementary products among low-demand (long-tail) products. System robustness against edge cases reached 100% without generating empty recommendations. The API response time testing for the recommendation service was highly optimal, ranging from 9 to 747 milliseconds. From the standpoint of the information system as an implementation medium, Blackbox testing showed a 100% success rate across 13 use case scenarios, and usability measurement using the System Usability Scale (SUS) obtained a score of 77.5, classifying it as Excellent. This implementation has also been proven to save over 50% of the time required to draft quotations compared to manual methods, significantly improving operational efficiency.

Keywords: *Collaborative Filtering, Recommendation System, Hybrid Filtering, Document Management, Information System..*

KATA PENGANTAR

Salam Damai

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “IMPLEMENTASI HYBRID COLLABORATIVE FILTERING UNTUK REKOMENDASI PRODUK PENAWARAN PADA SISTEM PENGELOLAAN DOKUMEN CV. EK HABIMA” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa bimbingan, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang Maha Pengasih dan Pengampun, yang atas berkat-Nya dapat membimbing dan menguatkan secara rohani dalam pengerjaan penulisan ini.
2. Perawan Bunda Maria tak Bernoda yang menyertai selalu untuk mewujudkan Doa yang Penulis dan Kedua Orang Tua Sampaikan setiap hari.
3. Santo Aloysius Gonzaga, pelindung para pelajar yang menjadi pendamping Spiritual, Santo Pelindung Penulis, Teladan hidupnya dalam semangat pelayanan menjadi inspirasi besar bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan penuh tanggung jawab.
4. Kedua Orang Tua Penulis yakni, Heribertus Yosef Budisusanto dan Antonia Wahyu Handayani, S.Si. yang menyertai selalu dalam Doa yang tak terputus, dukungan eksistensi dan dukungan finansial tanpa mengharap imbalan.
5. Kedua Saudara Kandung Penulis Mas Alfonsus De Deo Ekhananta Susanto, S.M. dan Mas Albertus De Deo Bima Susanto, S.T. yang menyertai, membimbing dan memberi semangat.
6. Ibu Dr. Sarwosri, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu sabar dalam memberikan arahan, motivasi dan waktu pada proses penyusunan Tugas Akhir serta tawaran dan pandangan atas ilmu yang beliau berikan yang penulis dapat terapkan.
7. Teman-teman grup Persekutuan Duniawi yang menemani Penulis sejak SMP baik suka maupun duka, yang menjadi tempat cerita dan canda tawa, tempat untuk melepas penat dan atas persahabatan yang tak luput.
8. Teman-teman grup Kasur Pane yang menemani Penulis di perkuliahan sebagai tempat cerita dan canda tawa, teman diskusi perkuliahan, teman seperjuangan dan atas dukungan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Damai Beserta Anda Semua

Hormat Saya,

Aloysius De Deo Darmo Susanto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
APPROVAL SHEET	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
STATEMENT OF ORIGINALITY	vii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hasil Penelitian Terdahulu	5
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Sistem Informasi dalam Proses Bisnis	9
2.2.2 Sistem Rekomendasi	9
2.2.3 Evaluasi Sistem Rekomendasi	16
2.2.4 Pemodelan Proses Bisnis dan Sistem	17
2.2.5 Arsitektur Monolithic Modular Berbasis Layered Architecture	19
BAB 3 METODOLOGI	22
3.1 Pembuatan dan Pemrosesan <i>Dataset</i>	23
3.1.1 Ekstraksi Teks	24
3.1.2 Pembersihan dan Standardisasi Data	25
3.1.3 Pelabelan Kategori Produk	25
3.1.4 Pembentukan Dataset Pelatihan dan <i>Mapping ID</i>	26
3.2 Pembentukan Model Rekomendasi Collaborative Filtering	27
3.2.1 Persiapan Data dan Pembentukan Matriks Interaksi (User-Item Matrix)	28
3.2.2 Penentuan Paradigma Collaborative Filtering	28
3.2.3 Pembentukan Matriks Interaksi Biner (<i>User-Item Binary Matrix</i>)	29
	xvii

3.2.4	Perhitungan Kemiripan Item (<i>Item-Item Cosine Similarity</i>)	29
3.2.5	Pembobotan Hybrid (Hybrid Recommendation Logic)	30
3.2.6	Ekspor dan Integrasi Model	30
3.3	Evaluasi Model	30
3.3.1	Validasi Teknis Model	30
3.3.2	Evaluasi Akurasi Rekomendasi (<i>Leave-One-Out</i>)	31
3.3.3	Evaluasi Filtering Kontekstual	32
3.3.4	Evaluasi Edge Case dan Item Cold-Start	32
3.3.5	Evaluasi Penerimaan Pengguna	33
3.4	Pembuatan Aplikasi	33
3.4.1	Analisis Kebutuhan	33
3.4.2	Perancangan Proses Bisnis Usulan	35
3.4.3	Use Case	41
3.4.4	Arsitektur Aplikasi	43
3.4.5	Perancangan Basis Data	44
3.4.6	Desain Antarmuka	50
3.5	Hasil Singkat Implementasi Sistem	60
3.6	Perangkat Yang Digunakan	61
BAB 4	Hasil dan Pembahasan	63
4.1	Hasil Blackbox Testing	63
4.1.1	Pembuatan Dokumen Penawaran dan Rekomendasi	63
4.1.2	Pengajuan Dokumen Penawaran	64
4.1.3	Persetujuan Penawaran	65
4.1.4	Unduh Penawaran beserta Bukti Tanda Tangan	65
4.1.5	Menghubungkan PO dari Nomor PO ke Dokumen Penawaran	66
4.1.6	Pembuatan Surat Jalan	67
4.1.7	Pengajuan Dokumen Surat Jalan	67
4.1.8	Persetujuan Surat Jalan	68
4.1.9	Unduh Surat Jalan beserta Bukti Tanda Tangan	69
4.1.10	Pembuatan Invoice	70
4.1.11	Pengajuan Dokumen Invoice	70
4.1.12	Persetujuan Invoice	71
4.1.13	Unduh Invoice beserta Bukti Tanda Tangan	71
4.2	Validasi Teknis dan Waktu Respon Sistem	72
4.2.1	Pembentukan Matriks Interaksi dan Tingkat Sparsity Data	72

4.2.2	Pengujian Waktu Respons API	73
4.3	Evaluasi Akurasi dan Penerapan Logika Hybrid	74
4.3.1	Hasil Evaluasi Leave-One-Out	74
4.3.2	Perbandingan Model Hybrid dengan Pure Collaborative Filtering	75
4.3.3	Analisis Dampak Sparsity terhadap Model	75
4.4	Studi Kasus Relevansi Bisnis	76
4.4.1	Peran Label Similarity dalam Mencegah Human Error	78
4.4.2	Collaborative Filtering dan Penemuan Pola Penawaran Lintas Kategori	79
4.5	Evaluasi Ketahanan Sistem (Edge Case dan Cold Start)	79
4.5.1	Skenario Item Cold-Start (Produk Baru dengan Kategori Tersedia)	79
4.5.2	Skenario Missing Label atau Double Cold-Start	80
4.6	Evaluasi Penerimaan Pengguna	81
4.6.1	Hasil Sistem Usability Scale (SUS)	81
4.6.2	Evaluasi Kualitatif Relevansi Bisnis	82
4.7	Ringkasan Hasil Evaluasi dengan Threshold Bab 3	82
BAB 5	Kesimpulan dan Saran	85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN		91
BIODATA PENULIS		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cross functional flowchart as-is penawaran.....	6
Gambar 2. 2 Cross functional flowchart as-is surat jalan	7
Gambar 2. 3 Cross functional flowchart as-is invoice	8
Gambar 3. 1 Metodologi tugas akhir.....	23
Gambar 3. 2 Alur pembuatan dan pemrosesan dataset	24
Gambar 3. 3 Diagram Pembentukan Model.....	28
Gambar 3. 4 Blok proses dokumen penawaran.....	36
Gambar 3. 5 Cross functional flowchart to-be dokumen penawaran	37
Gambar 3. 6 Cross functional flowchart to-be dokumen surat jalan.....	38
Gambar 3. 7 Blok proses dokumen surat jalan.....	39
Gambar 3. 8 Cross functional flowchart to-be dokumen invoice	40
Gambar 3. 9 Blok proses dokumen invoice	40
Gambar 3. 10 Use case diagram dokumen penawaran.....	41
Gambar 3. 11 Use case diagram surat jalan dan invoice.....	42
Gambar 3. 12 Conceptual data model sistem.....	44
Gambar 3. 13 Physical Data Model Database.....	45
Gambar 3. 14 Tampilan Login	50
Gambar 3. 15 Dashboard Administrator	50
Gambar 3. 16 Dashboard Supervisor	51
Gambar 3. 17 Dashboard Marketer/Karyawan	51
Gambar 3. 18 Antarmuka pembuatan form penawaran	52
Gambar 3. 19 Antarmuka Tampilan Penawaran	52
Gambar 3. 20 Antarmuka Input Purchase Order.....	53
Gambar 3. 21 Antarmuka Tampilan Purchase Order	53
Gambar 3. 22 Antarmuka Pembuatan Surat Jalan	54
Gambar 3. 23 Antarmuka Tampilan Surat Jalan	55
Gambar 3. 24 Antarmuka Pembuatan Invoice	56
Gambar 3. 25 Antarmuka Tampilan Invoice.....	56
Gambar 3. 26 Daftar Penawaran	57
Gambar 3. 27 Daftar Purchase Order	57
Gambar 3. 28 Daftar Surat Jalan	57
Gambar 3. 29 Daftar Invoice.....	58
Gambar 3. 30 Daftar Produk	58
Gambar 3. 31 Tampilan Tambah Produk	58
Gambar 3. 32 Daftar Pelanggan	59
Gambar 3. 33 Tampilan Tambah Pelanggan.....	59
Gambar 3. 34 Daftar Pengguna	59
Gambar 3. 35 Tampilan Tambah Pengguna.....	60
Gambar 3. 36 Implementasi sistem rekomendasi kedalam penawaran.....	60
Gambar 4. 1 Tampilan Rekomendasi Produk	64
Gambar 4. 2 Draft Penawaran Tersimpan	64
Gambar 4. 3 Status Dokumen Penawaran Menunggu Approval	64
Gambar 4. 4 Dokumen Penawaran yang disetujui	65
Gambar 4. 5 Tampilan Dokumen Penawaran	66

Gambar 4. 6 Input nomor PO	66
Gambar 4. 7 Draf surat jalan tersimpan	67
Gambar 4. 8 Dokumen surat jalan menjadi menunggu approval	68
Gambar 4. 9 Status Surat jalan menjadi disetujui	69
Gambar 4. 10 Tampilan dokumen surat jalan	69
Gambar 4. 11 Draf invoice tersimpan	70
Gambar 4. 12 Status invoice menjadi menunggu approval.....	71
Gambar 4. 13 Invoice sudah disetujui.....	71
Gambar 4. 14 Tampilan Dokumen Invoice	72
Gambar 4. 15 Visualisasi ukuran dan struktur User-Item Matrix dan Item Similarity Matrix	73
Gambar 4. 16 Grafik waktu respons API endpoint /api/recommend	73
Gambar 4. 17 Tangkapan layar hasil rekomendasi produk pertama	77
Gambar 4. 18 Tangkapan layar hasil rekomendasi produk kedua	77
Gambar 4. 19 Tangkapan layar hasil rekomendasi produk ketiga	78
Gambar 4. 20 Tangkapan layar hasil rekomendasi produk keempat	78
Gambar 4. 21 Hasil tampilan skenario label fallback	80
Gambar 4. 22 Log service recommender skenario label fallback	80
Gambar 4. 23 Hasil tampilan skenario popular fallback	80
Gambar 4. 24 Log service recommender skenario popular fallback.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen use-case modeling UML	17
Tabel 2. 2 Elemen didalam Cross functional flowchart	18
Tabel 2. 3 Aspek pada arsitektur monolithic modular	19
Tabel 3. 1 Tabel Struktur Dataset.....	24
Tabel 3. 2 Contoh Barang Hasil Klasifikasi AI	26
Tabel 3. 3 Representasi Lookup ID.....	27
Tabel 3. 4 Contoh Representasi Dataset.....	27
Tabel 3. 5 Kebutuhan Khusus	33
Tabel 3. 6 Kebutuhan Fungsional	34
Tabel 3. 7 Kebutuhan Non Fungsional.....	35
Tabel 3. 8 Identifikasi Stakeholder	35
Tabel 3. 9 Tipe Data User	45
Tabel 3. 10 Tipe Data Customer	46
Tabel 3. 11 Tipe Data Product	46
Tabel 3. 12 Tipe Data Quotation	46
Tabel 3. 13 Tipe Data Quoation Item.....	46
Tabel 3. 14 Tipe Data Purchase Order	47
Tabel 3. 15 Tipe Data Delivery Order.....	47
Tabel 3. 16 Tipe Data Delivery Order Item	47
Tabel 3. 17 Tipe Data Invoice	47
Tabel 3. 18 Tipe Data Invoice Item.....	48
Tabel 3. 19 Tipe Data Approval.....	48
Tabel 3. 20 Tipe Data Label.....	48
Tabel 3. 21 Spesifikasi Perangkat Keras	61
Tabel 3. 22 Spesifikasi Perangkat Lunak	61
Tabel 4. 1 Pengujian Pembuatan Dokumen Penawaran dan Rekomendasi	63
Tabel 4. 2 Pengajuan Dokumen Penawaran.....	64
Tabel 4. 3 Persetujuan Penawaran.....	65
Tabel 4. 4 Unduh Penawaran beserta Bukti Tanda Tangan	65
Tabel 4. 5 Menghubungkan PO dari Nomor PO ke Dokumen Penawaran.....	66
Tabel 4. 6 Pembuatan Surat Jalan	67
Tabel 4. 7 Pengajuan Dokumen Surat Jalan.....	67
Tabel 4. 8 Persetujuan Surat Jalan	68
Tabel 4. 9 Unduh Surat Jalan beserta Bukti Tanda Tangan	69
Tabel 4. 10 Pembuatan Invoice	70
Tabel 4. 11 Pengajuan Dokumen Invoice	70
Tabel 4. 12 Persetujuan Invoice	71
Tabel 4. 13 Unduh Invoice beserta bukti tanda tangan	72
Tabel 4. 14 Hasil Evaluasi Leave-One-Out Model Hybrid untuk K=5 dan K=10.....	74
Tabel 4. 15 Perbandingan Metrik Evaluasi antara Model Hybrid dan Pure Collaborative Filtering	75
Tabel 4. 16 Hasil Relevansi Produk	76
Tabel 4. 17 Hasil System Usability Scale	81
Tabel 4. 18 Hasil evaluasi terhadap threshold bab 3.....	83

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong perusahaan untuk mengadopsi sistem informasi terintegrasi guna meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas pengelolaan data bisnis. Digitalisasi proses administrasi, khususnya pengelolaan dokumen seperti penawaran (quotation), purchase order (PO), surat jalan, dan invoice menjadi kebutuhan penting untuk mengurangi ketergantungan pada proses manual, meminimalkan kesalahan pencatatan, serta mempercepat alur persetujuan dan pelayanan kepada pelanggan. Sistem informasi yang terpusat memungkinkan data terdokumentasi dengan baik, mudah ditelusuri, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat.

CV. EKHABIMA merupakan perusahaan yang bergerak di bidang distribusi alat dan bahan laboratorium, yang dalam aktivitas operasionalnya secara rutin melakukan pembuatan penawaran kepada pelanggan. Proses tersebut saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan dokumen spreadsheet, sehingga menimbulkan berbagai permasalahan seperti kesalahan pemilihan katalog produk, ketidakkonsistenan harga, duplikasi data antar dokumen, keterlambatan proses persetujuan, serta kesulitan dalam menelusuri riwayat penawaran dan transaksi pelanggan. Kondisi ini berdampak langsung pada menurunnya efisiensi kerja dan meningkatnya beban administratif bagi bagian pemasaran.

Selain permasalahan administratif, sistem yang berjalan juga belum memanfaatkan data historis transaksi pelanggan yang sebenarnya memiliki potensi besar untuk mendukung proses bisnis. Dalam praktiknya, pemilihan item pada dokumen penawaran sepenuhnya bergantung pada pengalaman dan ingatan marketer, sehingga peluang menawarkan produk pelengkap yang lebih relevan sering terlewatkan. Ketidadaan mekanisme analisis pola pembelian pelanggan menyebabkan proses penyusunan penawaran menjadi kurang optimal dan tidak konsisten antar pelanggan dengan karakteristik yang serupa.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan yang mampu memberikan dukungan dalam proses penyusunan penawaran, tidak hanya sekadar mendigitalisasi pencatatan dokumen. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah penerapan sistem rekomendasi berbasis *Hybrid Collaborative Filtering*, yang memanfaatkan kesamaan pola pembelian antar pelanggan untuk merekomendasikan produk yang relevan. Dengan pendekatan ini, model dapat membantu marketer dalam memilih produk pelengkap yang sesuai, sekaligus meningkatkan kualitas dan konsistensi penawaran yang dihasilkan.

Setelah model *Hybrid Collaborative Filtering* dirancang dan dibangun berdasarkan data historis transaksi, tahap berikutnya adalah mengintegrasikan model tersebut ke dalam sistem informasi pengelolaan dokumen CV. EKHABIMA. Integrasi ini dilakukan karena tujuan penelitian tidak hanya mengevaluasi performa model rekomendasi, tetapi juga membuktikan bahwa model dapat diterapkan pada proses bisnis nyata dan memberikan dukungan pengambilan keputusan selama penyusunan dokumen penawaran. Oleh karena itu, pengembangan sistem informasi memiliki peran yang sama pentingnya sebagai lingkungan implementasi yang mengelola alur bisnis perusahaan, sekaligus menyediakan mekanisme bagi model rekomendasi untuk berinteraksi secara langsung dengan pengguna.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah berikut:

1. Bagaimana Collaborative Filtering akan membantu merekomendasikan barang yang akan ditawarkan?

2. Bagaimana performa model collaborative filtering yang diimplementasikan dalam sistem informasi penawaran ditinjau dari relevansi rekomendasi berdasarkan metrik Precision@K, Hit Rate@K, Recall@K dan coverage?
3. Bagaimana kinerja sistem berbasis web dengan fitur rekomendasi dapat membantu proses pembuatan dan pengelolaan dokumen yang diukur menggunakan metode System Usability Scale (SUS)?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan tertentu untuk menjaga agar penelitian tidak meluas di luar konteks proses bisnis utama yang sedang dikembangkan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi sistem rekomendasi dibatasi pada metrik Precision@K, Hit Rate@K, Recall@K dan coverage yang merepresentasikan relevansi dan kegunaan rekomendasi dalam konteks operasional, Pengujian tidak mencakup metrik evaluasi lanjutan seperti F1-score, A/B testing.
2. Penelitian hanya mencakup digitalisasi proses penawaran, persetujuan (*approval*), pembuatan surat jalan, dan pembuatan dokumen *invoice*. Proses operasional perusahaan di luar lingkup tersebut tidak dibahas.
3. Proses *approval* dilakukan secara digital oleh Supervisor, yang membubuhkan gambar tanda tangan digital.
4. Sistem hanya mendukung penggunaan oleh *Marketer*, *Supervisor*, dan *Admin*, tanpa fitur akses atau integrasi langsung dengan *customer*, *vendor*, atau sistem eksternal lainnya.
5. Pengujian aspek usability sistem dibatasi pada pengukuran tingkat kegunaan (usability) menggunakan metode System Usability Scale (SUS) dan Blackbox testing.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi model *Hybrid Collaborative Filtering* yang mampu merekomendasikan produk secara relevan pada proses pembuatan dokumen penawaran, serta mengintegrasikannya ke dalam sistem informasi pengelolaan dokumen CV. EKHABIMA sebagai sarana implementasi dan pembuktian penerapan model pada proses bisnis nyata. Adapun tujuan spesifik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan model Collaborative Filtering yang mampu merekomendasikan barang secara relevan pada saat pembuatan dokumen penawaran baru.
2. Mengevaluasi performa model rekomendasi menggunakan metrik Precision@K, Hit Rate@K, Recall@K, dan Coverage untuk memastikan relevansi dan kegunaannya dalam konteks operasional.
3. Mengembangkan sistem informasi yang mengintegrasikan model rekomendasi ke dalam alur pembuatan dokumen penawaran, sekaligus mendukung digitalisasi proses *approval*, surat jalan, dan *invoice*.
4. Menghasilkan sistem yang dapat mengotomatisasi pembuatan dokumen surat jalan dan *invoice* dengan format yang rapi, akurat, dan menerapkan tanda tangan digital sesuai kebutuhan.
5. Meningkatkan efisiensi alur kerja divisi *marketing* dan *supervisor* melalui proses yang lebih cepat, terdokumentasi, dan minim kesalahan manual.
6. Menyediakan penyimpanan dokumen digital dan jejak audit yang terstruktur sehingga dokumen mudah dicari, tersip dengan baik, dan tidak berisiko hilang.

1.5 Manfaat

Penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, terutama dalam pengembangan model rekomendasi *Hybrid Collaborative Filtering*

serta penerapannya pada sistem informasi untuk mendukung digitalisasi proses bisnis di CV. EKHABIMA. Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1.5.1 Manfaat Teoritis

1. Menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang pembuatan model rekomendasi *Collaborative Filtering*, khususnya pendekatan hybrid dalam konteks data transaksi yang bersifat implisit dan jarang (*sparse*).
2. Menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang sistem informasi, khususnya terkait integrasi model rekomendasi ke dalam alur kerja penawaran, *approval*, surat jalan, dan invoice.
3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sistem rekomendasi berbasis *Collaborative Filtering* maupun otomatisasi dokumen bisnis.

1.5.2 Manfaat Praktis

1. Mempermudah proses pembuatan dokumen penawaran, surat jalan, dan invoice sehingga pekerjaan marketing dan supervisor menjadi lebih cepat dan minim kesalahan.
2. Mempermudah proses input barang, baik untuk pelanggan lama maupun pelanggan baru, karena model rekomendasi *Collaborative Filtering* berperan sebagai pendukung keputusan bagi marketer, bukan sebagai pengganti keputusan manusia..
3. Menyediakan mekanisme approval digital melalui tanda tangan digital atau tanda tangan manual yang diunggah, sehingga proses persetujuan menjadi lebih efisien dan terdokumentasi dengan baik.
4. Memberikan solusi digital untuk mengelola arsip dokumen perusahaan secara terstruktur, sehingga dokumen mudah dicari dan tidak hilang.
5. Menyediakan fitur audit trail yang memudahkan pengecekan perubahan data, waktu approval, dan pembuatan dokumen untuk kebutuhan kontrol internal perusahaan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Subbab ini menguraikan kondisi proses bisnis yang berjalan pada CV. Ekhabima serta merangkum penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan.

2.1.1 Proses Bisnis Eksisting

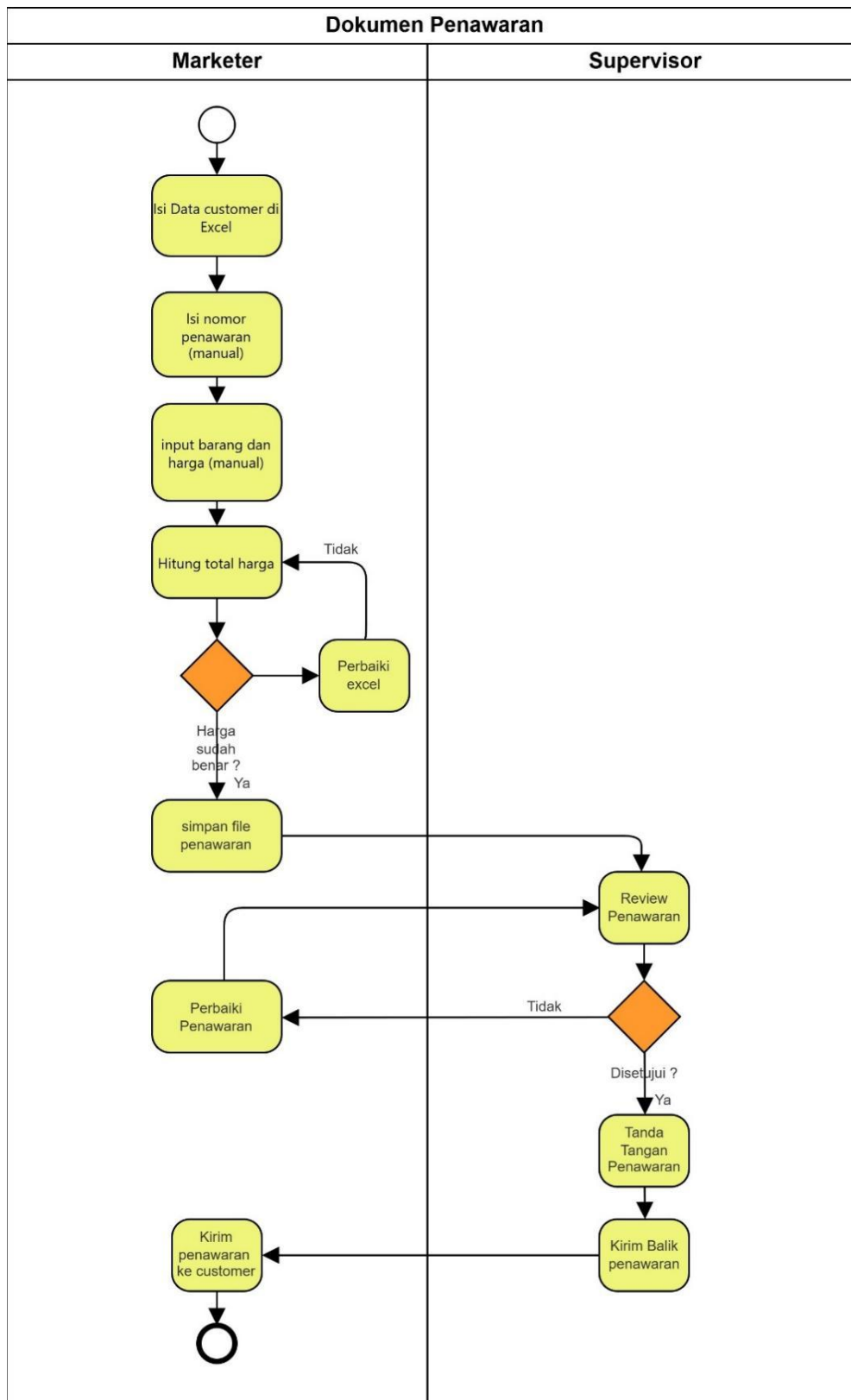
Bagian ini memaparkan gambaran proses bisnis pembuatan dokumen penawaran, surat jalan, dan invoice yang masih berjalan secara manual di CV. Ekhabima beserta permasalahan yang ditimbulkannya.

1. Proses Bisnis Pembuatan Dokumen Penawaran

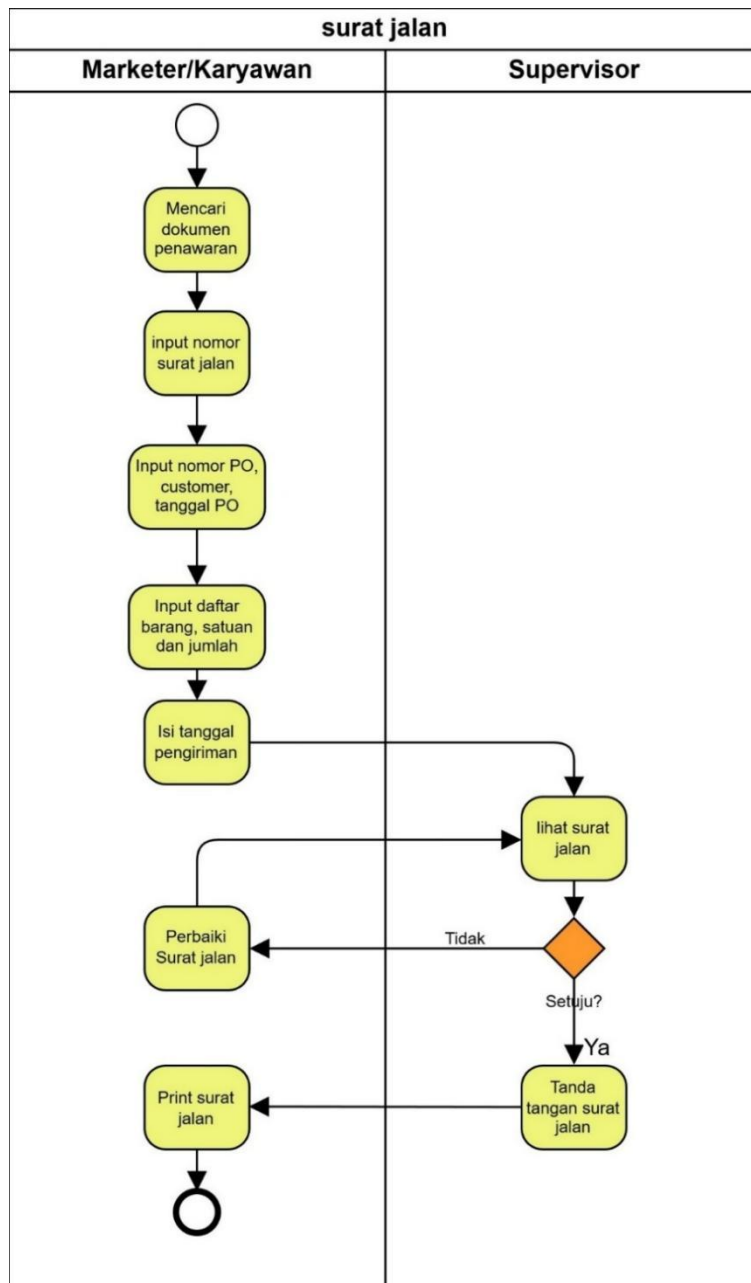
Pada sistem terdahulu di cross functional flowchart 2.1, pembuatan dokumen penawaran dilakukan oleh bagian marketing menggunakan template spreadsheet yang diisi secara manual. Pemilihan produk, penentuan harga, serta pengisian data pelanggan sepenuhnya bergantung pada ingatan dan referensi dokumen sebelumnya. Proses persetujuan penawaran dilakukan secara manual melalui pengecekan supervisor tanpa mekanisme pencatatan status atau riwayat persetujuan yang terstruktur. Kondisi ini menimbulkan risiko inkonsistensi harga, keterlambatan proses persetujuan, serta tidak tersedianya jejak audit yang jelas terhadap perubahan dan keputusan yang diambil.

2. Proses Bisnis Pembuatan Dokumen Surat Jalan

Pada cross functional flowchart 2.2, setelah penawaran disetujui dan pelanggan mengirimkan purchase order (PO), pembuatan surat jalan dilakukan secara terpisah dengan menyalin kembali data dari dokumen penawaran dan PO ke dalam format surat jalan. Proses pencocokan antara PO, penawaran, dan surat jalan dilakukan secara manual berdasarkan nomor dokumen, sehingga rawan terjadi kesalahan input dan ketidaksesuaian jumlah barang yang dikirim. Selain itu, tidak terdapat mekanisme sistematis untuk mencatat status pengiriman, yang menyulitkan pelacakan proses distribusi dan evaluasi keterlambatan pengiriman.



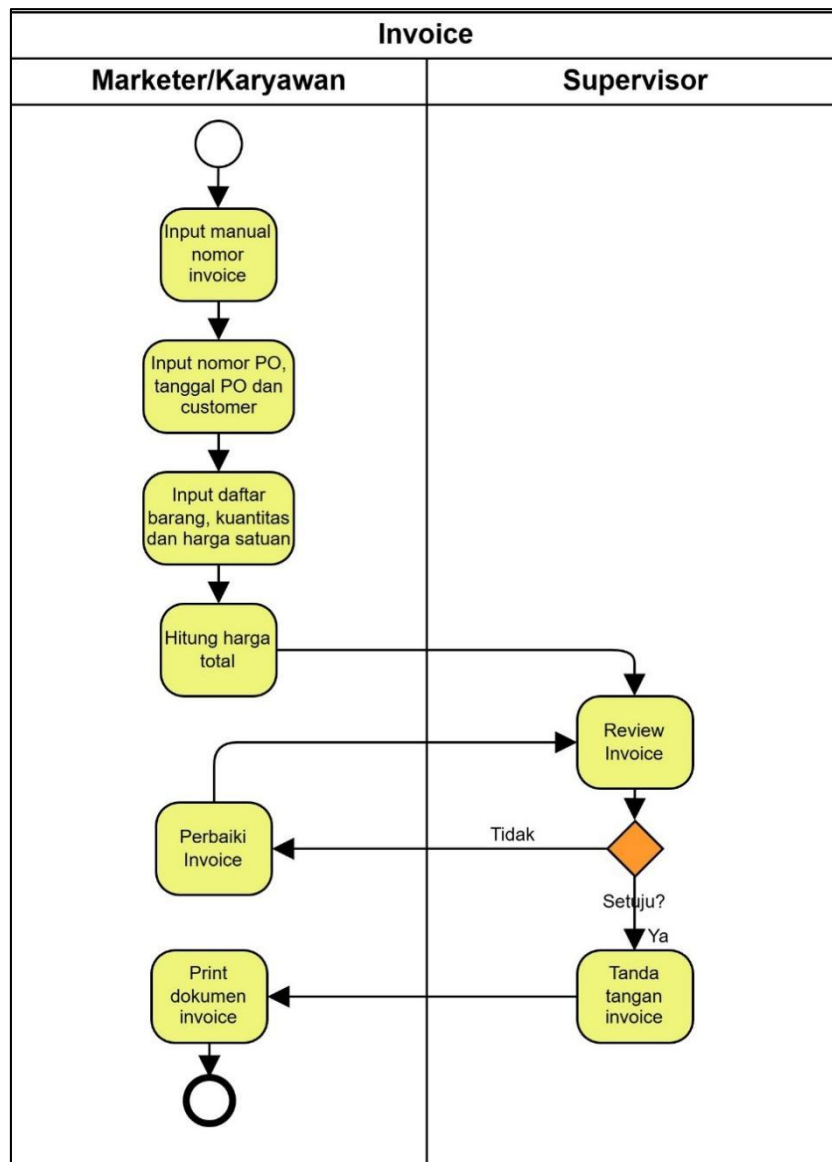
Gambar 2. 1 Cross functional flowchart as-is penawaran



Gambar 2. 2 Cross functional flowchart as-is surat jalan

3. Proses Bisnis Pembuatan Dokumen Invoice

Pada diagram cross functional flowchart gambar 2.3, pembuatan invoice pada sistem terdahulu dilakukan sebagai tahap akhir yang juga berdiri sendiri, dengan pengisian ulang data dari surat jalan dan penawaran sebelumnya. Proses ini menyebabkan duplikasi data yang tinggi serta meningkatkan risiko perbedaan nilai tagihan akibat kesalahan penyalinan informasi. Ketiadaan integrasi antar dokumen menyulitkan pelacakan hubungan antara penawaran, pengiriman, dan penagihan, serta menghambat proses rekonsiliasi data dan penyusunan laporan keuangan yang akurat.



Gambar 2. 3 Cross functional flowchart as-is invoice

2.1.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Fakhri et al. (2019) mengusulkan penerapan sistem rekomendasi berbasis *user-based collaborative filtering* untuk membantu pengguna dalam memilih restoran di wilayah Bandung Raya. Dataset yang digunakan terdiri dari data rating pengguna terhadap restoran yang diperoleh melalui survei serta data restoran yang diambil dari platform Zomato, sehingga membentuk matriks pengguna-item. Pada penelitian ini, perhitungan kemiripan antar pengguna dilakukan menggunakan metode Pearson Correlation, dengan mempertimbangkan baik rating murni maupun atribut pengguna seperti usia dan jenis kelamin. Selanjutnya, metode *K-Nearest Neighbor* digunakan untuk menentukan tetangga terdekat, dan nilai prediksi rating dihitung menggunakan pendekatan *weighted average*. Evaluasi performa sistem dilakukan menggunakan metrik *Mean Absolute Error (MAE)* dengan variasi jumlah tetangga (K), di mana hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan nilai K dan penggunaan atribut pengguna berpengaruh terhadap tingkat akurasi rekomendasi yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Anggi Elanda et al. (2021) berfokus pada perancangan dan pengembangan sistem informasi penagihan berbasis web untuk koperasi karyawan PT. Spindo Karawang Factory. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa data transaksi dan data anggota koperasi yang sebelumnya dikelola secara manual menggunakan lembar kerja spreadsheet. Pada tahap awal, dilakukan analisis proses bisnis berjalan untuk mengidentifikasi permasalahan dan kebutuhan sistem, kemudian dilanjutkan dengan perancangan sistem menggunakan pendekatan *System Development Life Cycle (SDLC)* model waterfall. Sistem yang dikembangkan mencakup pengelolaan data anggota, data tagihan, serta pembuatan laporan secara terintegrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem informasi berbasis web yang dibangun mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan data, mengurangi kesalahan pencatatan, serta mempermudah akses informasi bagi pihak terkait.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Informasi dalam Proses Bisnis

Sistem informasi dalam konteks proses bisnis organisasi merupakan kumpulan komponen yang saling berinteraksi untuk mengumpulkan, mengolah, menyimpan, dan menyajikan data guna mendukung pelaksanaan aktivitas operasional dan pengambilan keputusan. Sistem informasi berperan penting dalam mengintegrasikan informasi ke dalam alur proses bisnis sehingga aktivitas lintas fungsi dapat berjalan secara lebih terstruktur dan konsisten. Penelitian menunjukkan bahwa sistem informasi yang selaras dengan kebutuhan proses bisnis mampu memberikan dukungan informasi yang relevan dan tepat waktu, sehingga meningkatkan efektivitas pelaksanaan proses serta kualitas pengambilan keputusan pada tingkat operasional dan manajerial (Berente et al., 2009; Elbashir et al., 2008). Selain itu, pendekatan pengelolaan proses bisnis menekankan bahwa nilai sistem informasi tidak hanya terletak pada teknologi yang digunakan, tetapi pada kemampuannya untuk mendukung koordinasi, transparansi, dan pengendalian proses bisnis secara menyeluruh (Gebauer & Schober, 2006).

2.2.2 Sistem Rekomendasi

A. Konsep Sistem Rekomendasi

Secara umum, sistem rekomendasi adalah sistem pendukung keputusan yang menyarankan item (produk, layanan, konten) kepada pengguna berdasarkan preferensi, minat, atau perilaku mereka. Sistem ini sering didefinisikan sebagai aplikasi web yang memprediksi pilihan pengguna terhadap suatu item dan memandu mereka ke objek yang menarik atau berguna di antara banyak alternatif. Dalam konteks informasi yang melimpah di internet, sistem rekomendasi berfungsi sebagai alat penyaringan dan personalisasi konten (Isinkaye et al., 2015; Ko et al., 2022).

Literatur merumuskan beberapa tujuan utama sistem rekomendasi diantaranya adalah:

- a. Mengatasi information overload:
Sistem rekomendasi menyaring dan memprioritaskan informasi dari volume data yang sangat besar sehingga pengguna hanya melihat item yang paling relevan (Ko et al., 2022).
- b. Memprediksi preferensi dan perilaku masa depan:
Tujuan inti adalah memprediksi seberapa besar kemungkinan seorang pengguna menyukai atau memilih suatu item, berdasarkan pola historis interaksi seperti rating, klik, pembelian, atau riwayat penelusuran .
- c. Mendukung pengambilan keputusan:
Sistem rekomendasi dipandang sebagai decision support system yang membantu pengguna memilih item yang relevan dari sekumpulan besar alternatif, baik untuk keputusan berisiko rendah (memilih film) maupun keputusan yang lebih kompleks (pilihan layanan, kesehatan, keuangan) (Xia et al., 2024).
- d. Meningkatkan kepuasan dan tujuan bisnis:
Dengan rekomendasi yang relevan, sistem dapat meningkatkan keterlibatan, pembelian, dan loyalitas pengguna, sehingga menjadi aset strategis bagi bisnis digital (Fayyaz et al., 2020).

Sistem Rekomendasi berperan dalam membantu keputusan, oleh karenanya sistem rekomendasi sangat bergantung pada data historis interaksi user-item: rating, klik, riwayat belanja, penelusuran, dan pola perilaku lain (Ko et al., 2022). Data data historis tersebut akan digunakan untuk:

- a. Membangun profil preferensi pengguna: sistem mengekstrak pola dari riwayat interaksi untuk memodelkan selera jangka pendek dan jangka panjang (Ko et al., 2022).
- b. Memperkirakan relevansi item baru: dari riwayat pengguna dan pengguna lain yang serupa (collaborative filtering), atau dari kemiripan konten item yang pernah dikonsumsi (content-based) (Isinkaye et al., 2015).
- c. Memberi rekomendasi kontekstual dan sekuensial: sistem modern memodelkan urutan interaksi dari waktu ke waktu (sequential/session-based recommendation) sehingga rekomendasi mencerminkan preferensi yang sedang berkembang dan konteks saat ini (Jannach et al., 2020).

B. Collaborative Filtering

Collaborative filtering adalah teknik rekomendasi yang menggunakan pola interaksi user-item, bukan item itu sendiri, untuk memprediksi apa yang akan disukai pengguna di masa depan. Ide utamanya: “pengguna yang punya riwayat perilaku mirip cenderung punya preferensi mirip” (Jiang et al., 2019; Nguyen et al., 2020).

Secara umum, sistem menyimpan matriks user-item berisi rating atau feedback eksplisit/implisit. CF kemudian:

1. Mengukur kemiripan antar pengguna atau antar item dari pola rating/perilaku.
2. Menentukan tetangga (neighborhood) yang paling mirip.
3. Menggunakan rating tetangga untuk memprediksi rating/utility item yang belum dinilai, lalu merekomendasikan item dengan nilai prediksi tertinggi (Top-N) (Nguyen et al., 2020; Polatidis & Georgiadis, 2016).

Prinsip Dasar mengenai cara kerja Collaborative Filtering adalah berikut:

1. Representasi data
 - Daftar pengguna ($U=\{u_1, \dots, u_n\}$) dan daftar item ($I=\{i_1, \dots, i_m\}$) (Nguyen et al., 2020).

- Setiap entri matriks adalah rating numerik atau sinyal implisit (klik, waktu tonton, dll.) (Nguyen et al., 2020).
- 2. Mengukur Kesamaan Perilaku
 - CF mengidentifikasi korelasi antara preferensi pengguna dengan similarity metrics seperti Pearson Correlation, Cosine, Jaccard, dan varian hibrid (Fkih, 2022).
 - Banyak penelitian fokus memperbaiki perhitungan similarity untuk mengatasi sparsity dan meningkatkan akurasi (Feng et al., 2018).
- 3. Pembentukan tetangga (neighbor) dengan Menentukan sejumlah pengguna (user-based) atau item (item-based) yang paling mirip sebagai dasar prediksi (Nguyen et al., 2020; Polatidis & Georgiadis, 2016).
- 4. Prediksi dan Rekomendasi
 - Rating prediksi suatu item bagi pengguna aktif dihitung dari rating tetangga yang diberi bobot similarity (Nguyen et al., 2020).
 - Sistem kemudian mengeluarkan daftar Top-N item dengan prediksi tertinggi (Polatidis & Georgiadis, 2016).

Alasan penggunaan Collaborative Filtering berbasis kesamaan perilaku pengguna:

- a. Menangkap preferensi yang tidak tampak
 - Collaborative Filtering dapat menemukan kesamaan preferensi yang tidak tampak dari fitur konten, karena melihat pola rating global (Jiang et al., 2019).
 - Cocok untuk domain di mana fitur item sulit didefinisikan
 - b. Personalisasi tinggi dan relevan karena didasarkan pada historis nyata perilaku pengguna lain yang serupa, sehingga cenderung lebih dapat diterima oleh pengguna baru tersebut (Nguyen et al., 2020).
 - c. Sederhana namun efektif dan luas dipakai karena metodenya berbasis neighborhood (user/item-based KNN) mudah diimplementasikan, jelas cara kerjanya, dan digunakan secara luas di industri (Netflix, Amazon, dsb.) (Jiang et al., 2019).
 - d. Adaptif terhadap data baru karena ketika pengguna memberi rating/klik baru, pola kemiripan dan rekomendasi dapat diperbarui tanpa mendesain ulang fitur konten (Thakker et al., 2021).
 - e. Dapat digabung dengan teknik lain karena Collaborative Filtering sering menjadi komponen inti dalam hybrid recommender (misalnya digabung konten atau deep learning) untuk meningkatkan akurasi dan mengatasi keterbatasan masing masing pendekatan (Thakker et al., 2021).
- C. Dataset dan Preprocessing pada Sistem Rekomendasi
- Karakteristik dataset dalam sistem rekomendasi, data umumnya direpresentasikan sebagai matriks interaksi user-item (rating eksplisit atau feedback implisit seperti klik/pembelian) yang biasanya:
- Sangat besar dan berdimensi tinggi: jumlah user dan item bisa ratusan ribu hingga jutaan, sehingga matriks rating berukuran sangat besar (Idrissi & Zellou, 2020).
 - Sangat jarang terisi (sparse): hanya sebagian sangat kecil sel matriks yang berisi rating/feedback, sisanya kosong (Gao et al., 2022).
 - Distribusi interaksi tidak merata: ada item/user populer dengan banyak interaksi dan item/user *long tail* dengan sangat sedikit interaksi, menimbulkan popularity bias (Gao et al., 2022).
 - Dapat mengandung data tambahan: fitur item (genre, atribut produk), fitur user (demografi, kepribadian, sosial), dan berbagai jenis feedback implisit (klik, want, purchase) (Idrissi & Zellou, 2020).

Dalam collaborative filtering, akan ada masalah tentang data sparsity yang terjadi ketika hanya sebagian kecil potensi interaksi user-item yang pernah terjadi/tercatat. Dalam banyak aplikasi, pengguna berinteraksi dengan hanya sedikit dari semua item yang tersedia, sehingga matriks rating sangat kosong. Dampak utama dari masalah sparsity adalah berikut:

- Kesulitan mengukur kemiripan user/item dalam collaborative filtering, karena sedikit rating yang tumpang tindih.
- Akurasi dan coverage menurun: sistem sulit memodelkan preferensi, terutama untuk user/item dengan sedikit interaksi.
- Memperparah cold start untuk user dan item baru (Natarajan et al., 2020).
- Mengganggu scalability: algoritma memory-based (nearest neighbor) sangat terbatas saat matriks besar dan sangat sparse (Idrissi & Zellou, 2020).

Studi review menunjukkan sparsity menjadi hambatan kunci akurasi, efisiensi, coverage, dan transparansi sistem rekomendasi (Idrissi & Zellou, 2020).

Teknik preprocessing data yang umum digunakan dengan tujuan meningkatkan kualitas data sebelum training sehingga rekomendasi lebih akurat dan stabil. Beberapa pendekatan penting adalah:

1. Reduksi Dimensi & Rekonstruksi Matriks

- Matrix factorization & varian lain: memetakan user dan item ke ruang laten berdimensi rendah, efektif menangani sparsity dan skalabilitas (Natarajan et al., 2020).
- Clustering / biclustering / graph-theoretic: mengelompokkan user/item untuk mengurangi dimensi dan meningkatkan densitas lokal sehingga perhitungan kemiripan lebih andal (Idrissi & Zellou, 2020).

2. Enrichment & Estimasi Rating yang Hilang

- Multi-type implicit feedback: kombinasikan klik, wishlist, purchase untuk menggenerasi pseudo-rating target dan memperkaya matriks interaksi (Guo et al., 2017).
- Synthetic ratings / virtual data: menyuntikkan rating sintetis (mis. untuk item kurang populer) untuk mengurangi bias dan memperbaiki coverage/diversity (Waris et al., 2024).

3. Pembersihan, Penyaringan, dan Transformasi Data

- Pembersihan & filtering records: membuang entri yang merusak (noise, outlier, log tidak relevan) dapat mengurangi distorsi dan meningkatkan akurasi, mis. pada data LBSN untuk rekomendasi lokasi (Bembenik et al., 2025).
- Normalisasi & transformasi fitur: membersihkan, menormalkan atribut item dan mengubahnya ke bentuk yang konsisten (mis. fuzzy sets) untuk meningkatkan kualitas input ke model deep learning (Rafique et al., 2024).
- Pengelompokan pengguna / personalisasi dataset: menyusun subset data berdasarkan atribut (jenis kelamin, bahasa) atau kesamaan perilaku sehingga model dilatih pada kelompok yang lebih homogen dan akurasi naik hingga ~20% dalam rekomendasi lokasi berbasis urutan (Bembenik et al., 2025).

4. Peningkatan Kelengkapan & Kualitas Konten

- Lengkapi fitur item (genre, kategori, atribut lain). Peningkatan kelengkapan konten item secara umum menaikkan akurasi prediksi; efeknya bisa diukur per item, per user, atau per fitur (Rafique et al., 2024).
- Namun menambah fitur yang terlalu beragam dan tidak terkait fitur yang sudah ada tidak selalu meningkatkan akurasi (Rafique et al., 2024).

D. Perhitungan Kemiripan (Similarity Calculation)

Dalam collaborative filtering dan banyak sistem rekomendasi lain, inti prosesnya adalah mencari pengguna atau item yang mirip, lalu menggunakan informasi dari tetangga yang mirip itu untuk memprediksi rating atau menyusun daftar rekomendasi (Breese et al., 1998). Vektor rating atau fitur (misalnya genre, aktor, kata kunci) direpresentasikan dalam ruang berdimensi banyak, lalu dihitung nilai kemiripannya (Idrissi & Zellou, 2020).

Tujuan Pengukuran kemiripan berfungsi untuk :

- Membangun tetangga: memilih pengguna/item yang paling mirip (nearest neighbors) untuk dasar rekomendasi.
- Menentukan bobot kontribusi: semakin mirip, semakin besar pengaruh rating tetangga pada prediksi (Nguyen et al., 2020).
- Menangani data besar & sparsity: memilih subset yang relevan agar rekomendasi efisien dan tetap akurat (Feng et al., 2018).
- Membentuk profil pengguna/item: misalnya dalam item-based CF, profil pengguna dibangun dari item-item yang mirip dengan historinya (He et al., 2018).

Akurasi sistem rekomendasi sangat sensitif terhadap pilihan fungsi kemiripan; banyak penelitian berfokus khusus pada merancang dan membandingkan berbagai ukuran kemiripan.

Ide dasar cosine similarity sebagai teknik pengukuran kemiripan dengan memandang setiap pengguna atau item sebagai vektor dalam ruang fitur/rating, lalu mengukur cosine dari sudut antara dua vektor tersebut (Singh et al., 2020). Secara umum penyelesaian dua vektor (a,b) bisa diselesaikan pada rumus 2.1:

$$\text{Cosine_sim}(a, b) = \frac{\sum_i a_i b_i}{\sqrt{\sum_i a_i^2} \sqrt{\sum_i b_i^2}} \quad 2.1$$

- Nilai mendekati 1: sudut kecil maka pola rating/fitur sangat mirip.
- Nilai mendekati 0: sudut ~ 90 derajat maka hampir tidak berkorelasi.
- Untuk data non-negatif (misal rating 1–5, frekuensi kata), nilai biasanya di [0,1] (Singh et al., 2020).

Dalam rekomendasi:

- User-based: vektor rating dipengaruhi seorang pengguna terhadap berbagai item; cosine mengukur kemiripan preferensi dua pengguna (Fkih, 2022).
- Item-based: vektor rating dipengaruhi suatu item dari berbagai pengguna, atau vektor fitur konten (genre, aktor, plot); cosine mengukur kemiripan dua item (Singh et al., 2020).

Contoh Implementasi dalam Sistem Rekomendasi

- Digunakan luas dalam user-based dan item-based CF sebagai ukuran standar bersama Pearson correlation (Fkih, 2022).
- Dalam konten film/musik, cosine similarity antara vektor fitur (genre, aktor, plot, atau embedding CNN) dipakai untuk mencari item dengan karakteristik paling mirip untuk direkomendasikan (Singh et al., 2020).

- Studi-studi menunjukkan cosine sering menjadi baseline penting, dan kadang dikombinasikan atau dimodifikasi (mis. fuzzy cosine, adjusted cosine, fusion dengan Jaccard) untuk menangani bias rating, sparsity, atau cold-start

E. Metode K-Nearest Neighbor (KNN)

K-Nearest Neighbor adalah algoritma pembelajaran berbasis instance (lazy learning): yang menyimpan data latih dan baru belajar saat ada data/*query* baru datang (Nguyen et al., 2023). Objek yang mirip akan memiliki label atau preferensi yang mirip; karena itu prediksi dibuat dari tetangga terdekat di ruang fitur (Nguyen et al., 2023).

Dalam konteks sistem rekomendasi, kNN banyak dipakai karena sederhana, transparan, dan bekerja baik ketika tidak ada asumsi kuat tentang distribusi data (Nguyen et al., 2023).

KNN sangat populer di recommender system untuk:

- merekomendasikan produk / media (film, lagu, barang) yang mirip dengan yang dipilih pengguna (Ukey et al., 2023).
- mengelompokkan pengguna dengan preferensi serupa, lalu memakai rating mereka untuk memprediksi rating pengguna aktif (Nguyen et al., 2023).

Ada dua skenario utama:

1. User-based kNN (collaborative filtering klasik)

- Setiap pengguna direpresentasikan sebagai vektor rating atau interaksi terhadap item.
- Hitung kemiripan antar pengguna (misalnya cosine similarity, Pearson, Euclidean) (Nguyen et al., 2023).
- Untuk user aktif, cari K pengguna paling mirip.
- Prediksi rating suatu item dengan rata-rata tertimbang rating dari K pengguna mirip tersebut; bobot ditentukan oleh tingkat kemiripan (Nguyen et al., 2023).
- Item dengan prediksi rating tertinggi direkomendasikan.

2. Item-based kNN (item similarity)

- Setiap item direpresentasikan sebagai vektor (misalnya pola rating dari semua pengguna, atau fitur konten).
- Hitung kemiripan antar item.
- Untuk item yang disukai/diklik pengguna, cari K item paling mirip dan merekomendasikan item-item itu (Ukey et al., 2023).

Pada aplikasi web usage, pola klik pengguna digunakan sebagai fitur, KNN mengelompokkan user yang mirip dan merekomendasikan opsi browsing yang sesuai secara real-time.

Cara kerja K-NN secara umum untuk sebuah pengguna atau item yang ingin diprediksi:

1. Representasi data: Bentuk vektor fitur (rating, klik, fitur konten, dll.) untuk semua pengguna/item (Nguyen et al., 2023).
2. Pilih metrik jarak/kemiripan
 - Misalnya Euclidean, cosine, Pearson correlation.
 - Pemilihan metrik sangat mempengaruhi performa KNN (Nguyen et al., 2023).
3. Hitung jarak/kemiripan : Hitung jarak antara query (user/item target) dan semua contoh dalam basis data.
4. Pilih K tetangga terdekat
 - Urutkan berdasarkan jarak (kecil → dekat) atau kemiripan (besar → mirip) dan ambil K teratas (Nguyen et al., 2023).
 - Nilai K umumnya ditentukan lewat uji coba/cross-validation (Nguyen et al., 2023).
5. Agregasi untuk prediksi/rekomendasi

- Untuk prediksi rating: hitung rata-rata (seringkali tertimbang) rating tetangga terhadap item (Nguyen et al., 2023).
- Untuk item-based: gabungkan skor kemiripan dari item-item yang sudah disukai pengguna untuk memberi skor pada kandidat item.
- Pilih item dengan skor tertinggi sebagai rekomendasi.

F. Weighted Average

Weighted average (rata-rata berbobot) adalah cara menggabungkan beberapa nilai dengan memberikan bobot (weight) yang menunjukkan seberapa penting masing-masing nilai. Secara umum, berikut rumus weighted average pada rumus 2.2:

$$\text{Weighted Average} = \frac{\sum_i w_i x_i}{\sum_i w_i} \quad 2.2$$

- Setiap nilai x_i merepresentasikan nilai atau skor dari suatu objek, misalnya skor preferensi, tingkat kemiripan, atau performa alternatif.
- Setiap bobot w_i menunjukkan tingkat kontribusi atau pengaruh nilai x_i terhadap hasil akhir.
- Nilai w_i yang lebih besar menunjukkan bahwa nilai x_i memiliki pengaruh yang lebih kuat dalam perhitungan rata-rata.
- Pembilang $\sum w_i x_i$ merepresentasikan total kontribusi seluruh nilai setelah dikalikan dengan bobotnya masing-masing.
- Penyebut $\sum w_i$ berfungsi sebagai faktor normalisasi agar hasil akhir berada pada skala yang konsisten.

Buku panduan fungsi averaging menekankan bahwa rata-rata berbobot adalah bentuk dasar dari aggregation function: mengubah sekumpulan input ke satu output tunggal dengan mempertimbangkan kepentingan relatif tiap input (Beliakov et al., 2016). Dalam skala sikap Likert, setiap item diberi bobot sesuai kontribusinya terhadap faktor sikap sehingga skor faktor dihitung sebagai rata-rata berbobot item, bukan sekadar jumlah mentah (Şahin, 2021). Dalam banyak metode keputusan multikriteria, bobot kriteria ditetapkan (subjektif atau objektif), lalu nilai tiap alternatif pada tiap kriteria digabung dengan weighted sum/product untuk menghasilkan skor keseluruhan.

Kontribusi weighted average terhadap nilai rekomendasi akhir dalam sistem rekomendasi atau pengambilan keputusan, weighted average berkontribusi dengan cara:

1. Menggabungkan beberapa sumber/komponen penilaian
 - Pada rekomendasi grup POI, preferensi tiap anggota dan pengaruh pengguna dalam kelompok dimodelkan, lalu digabung menggunakan weighted average aggregation sehingga anggota yang lebih berpengaruh memberi kontribusi lebih besar ke rekomendasi lokasi akhir (Bahari Sojahrood & Taleai, 2021).
 - Dalam pengambilan keputusan kelompok fuzzy (mis. Pythagorean, Fermatean, probabilistic linguistic), penilaian tiap ahli dan tiap kriteria digabung memakai berbagai operator weighted average untuk memperoleh satu nilai agregat tiap alternatif (Senapati & Yager, 2019).
2. Merefleksikan pentingnya kriteria atau kualitas model
 - Dalam model averaging ekologi, prediksi dari beberapa model digabung sebagai rata-rata berbobot; bobot mencerminkan kemampuan prediktif tiap model, sehingga model yang lebih akurat lebih menentukan nilai prediksi akhir (Dormann et al., 2018).
 - Dalam pemilihan opsi energi berkelanjutan, skor alternatif dihitung dengan metode seperti weighted sum atau weighted product, di mana tiap atribut (ekonomi, lingkungan, sosial, teknis) berbobot sesuai kepentingannya; hasil akhirnya

adalah nilai utilitas total yang menjadi dasar perankingan dan rekomendasi opsi terbaik (Şahin, 2021).

3. Menghasilkan satu skor rekomendasi yang dapat diranking:

Banyak metode MCDM (MULTIMOORA, VIKOR, WISP, dsb.) mengubah matriks performa alternatif $\times$ kriteria menjadi satu nilai agregat per alternatif dengan agregasi berbobot, sehingga alternatif dapat diurutkan dan dipilih sebagai rekomendasi akhir (Şahin, 2021).

2.2.3 Evaluasi Sistem Rekomendasi

A. Precision

Dalam konteks sistem rekomendasi (terutama top-N recommendation), precision didefinisikan sebagai proporsi item yang relevan di dalam daftar rekomendasi. Dengan kata lain, dari semua item yang direkomendasikan ke pengguna, berapa banyak yang benar-benar disukai / dikonsumsi pengguna tersebut (Isinkaye et al., 2015).

Secara umum dapat ditulis bahwa $\text{precision} = (\text{jumlah item yang direkomendasikan dan relevan}) / (\text{total item yang direkomendasikan})$

Pada top-N rekomendasi, hal ini sering disebut Precision@N , yaitu precision yang dihitung hanya pada N item teratas di daftar rekomendasi (Deldjoo et al., 2021).

Dalam formulasi lain menggunakan istilah confusion matrix:

$\text{precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$,

dengan TP (true positive) = item relevan & direkomendasikan, FP (false positive) = item tidak relevan tapi direkomendasikan (Fayyaz et al., 2020).

Precision digunakan untuk mengukur seberapa bersih atau tepat daftar rekomendasi:

- Menggambarkan kemampuan sistem memasukkan item yang memang relevan dan menolak item yang tidak relevan bagi pengguna (Deldjoo et al., 2021).
- Cocok ketika tujuan utama adalah meminimalkan rekomendasi yang salah sasaran (mengurangi *spam* rekomendasi).
- Banyak dipakai dalam evaluasi offline untuk membandingkan algoritma dan memilih yang paling sesuai dengan tugas top-N recommendation (Silveira et al., 2019).

Precision juga populer karena definisi dan implementasinya relatif seragam di literatur dan pustaka perangkat lunak, dibandingkan metrik lain yang sering didefinisikan berbeda-beda

B. Hitrate

Hitrate adalah metrik yang menunjukkan seberapa sering sistem rekomendasi mengenai sasaran untuk seorang pengguna, yaitu apakah set rekomendasi mengandung setidaknya satu item yang relevan bagi pengguna tersebut (Zangerle & Bauer, 2023).

Secara umum dalam evaluasi offline top-K rekomendasi:

- Untuk tiap pengguna, sistem menghasilkan daftar top-K item yang direkomendasikan.
- Ada daftar item *relevant/ground truth* di data uji (misalnya item yang benar-benar diklik/dibeli/ditonton).
- Hitrate per pengguna didefinisikan:
 - 1 jika minimal satu item relevan muncul di daftar rekomendasi
 - 0 jika tidak ada item relevan di daftar
- Hitrate keseluruhan adalah rata-rata nilai 0/1 tersebut di semua pengguna, sehingga dapat ditafsirkan sebagai persentase pengguna yang menerima setidaknya satu rekomendasi yang benar (Zangerle & Bauer, 2023).

Beberapa implementasi mengganti definisi ini dan menghitung rata-rata jumlah item yang benar di daftar (bukan hanya 0/1), atau menggunakan formula yang secara praktis identik dengan recall, sehingga satu nama *HitRate* bisa berarti hal berbeda di pustaka dan makalah

yang berbeda . Hal ini menimbulkan ketidakkonsistenan dan kesulitan membandingkan hasil antar studi (Zangerle & Bauer, 2023).

Tujuan penggunaan Hitrate:

1. Mengukur kemampuan menjangkau minat pengguna Fokus hitrate lebih ke apakah ada rekomendasi yang tepat untuk pengguna ini? bukan seberapa banyak atau seberapa tinggi posisinya. Ini berguna ketika yang penting adalah minimal ada satu rekomendasi yang relevan, misalnya dalam skenario penemuan konten awal.
2. Metrik sederhana untuk top-K rekomendasi Berbeda dengan metrik ranking yang kompleks (seperti NDCG atau MRR) (Zangerle & Bauer, 2023), hitrate mudah dihitung dan dijelaskan, sehingga sering dipasinkai sebagai metrik dasar dalam evaluasi sistem rekomendasi top-K.
3. Pelengkap metrik lain (precision/recall/NDCG) Evaluasi yang komprehensif biasanya membutuhkan banyak metrik, karena satu metrik jarang cukup menggambarkan kualitas sistem rekomendasi (Zangerle & Bauer, 2023). Hitrate sering dilaporkan bersama precision, recall, dan metrik ranking untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap.

2.2.4 Pemodelan Proses Bisnis dan Sistem

A. Use Case Diagram

Use case diagram adalah bagian dari use case model UML yang menggambarkan bagaimana aktor berinteraksi dengan sistem untuk mencapai tujuan tertentu pengguna atau pemangku kepentingan. Diagram ini memberikan model konseptual tingkat tinggi tentang apa yang dilakukan sistem, bukan bagaimana cara implementasinya. Use case sendiri menjelaskan bagaimana sistem digunakan dan apa yang sistem lakukan bagi para stakeholder; diagramnya memetakan aktor, use case, dan hubungan di antaranya dalam bentuk visual ringkas. Use case dianggap teknik untuk menempatkan requirement fungsional dalam konteks penggunaan nyata oleh aktor (Rosenberg & Stephens, 2007).

Komponen Utama berdasarkan landasan use-case modeling UML (Rosenberg & Stephens, 2007) ada di tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Komponen use-case modeling UML

Komponen	Penjelasan singkat	Peran dalam diagram
Aktor	Entitas di luar sistem (manusia, sistem lain, perangkat) yang berinteraksi dengan sistem	Mewakili peran yang punya tujuan terhadap sistem
Use case	Sekumpulan langkah yang menggambarkan bagaimana aktor mencapai tujuan dengan bantuan sistem	Mewakili layanan/fungsi yang bernilai bagi aktor
Hubungan aktor-use case	Garis asosiasi antara aktor dan use case	Menunjukkan use case mana yang digunakan aktor mana
Relasi antar use case	Include, extend, generalization untuk mengelola common behavior dan variasi	Menyusun struktur use case yang modular dan dapat digunakan ulang
Batas sistem	Kotak yang membungkus semua use case	Menentukan apa yang di dalam (tanggung jawab sistem) dan di luar (aktor)

Peran Use-Case diagram dalam memodelkan interaksi aktor-sistem adalah sebagai berikut:

1. Memperjelas ruang lingkup sistem Dengan memfokuskan pada aktor dan tujuan mereka, use case diagram membantu menyepakati batas sistem dan layanan utama yang harus disediakan.

2. Menempatkan requirement dalam konteks penggunaan Use case memberi konteks untuk requirement fungsional dan non-fungsional, sehingga tim memahami kapan dan oleh siapa suatu fungsi dipakai (Rosenberg & Stephens, 2007).
3. Mendukung komunikasi dan pemahaman bersama Studi eksperimen menunjukkan bahwa kombinasi use case teks dengan use case diagram meningkatkan pemahaman dan kemampuan pemecahan masalah pengguna dibanding teks saja. Visual membantu pemirsa memilih dan mengintegrasikan informasi yang relevan dari model (Gemino & Parker, 2009).
4. Menjadi dasar aktivitas lanjutan Use case model dipakai sebagai dasar perancangan antarmuka, perancangan komponen, perencanaan pengujian, dan penelusuran (traceability) dari kebutuhan ke desain dan test case (Rosenberg & Stephens, 2007).

Dengan demikian, use case diagram berperan sebagai jembatan visual antara kebutuhan pengguna dan rancangan teknis sistem informasi, dengan menonjolkan interaksi aktor-sistem secara sederhana namun terstruktur.

B. Cross Functional Flowchart

Dalam literatur pemodelan proses bisnis, proses sering direpresentasikan dengan diagram alur (flowchart) atau notasi sejenis (BPMN, EPC, IDEF3) untuk menggambarkan urutan aktivitas, kejadian, dan hubungan logis di antaranya. Tujuannya adalah memberikan notasi visual yang mudah dipahami untuk memetakan dan menganalisis proses (Wynn & Clarkson, 2018).

Cross functional flowchart (sering disebut juga swimlane diagram) adalah pengembangan dari flowchart biasa yang secara eksplisit menambahkan pembagian peran/fungsi organisasi ke dalam diagram. Setiap *lane* (jalur) mewakili satu peran, departemen, atau unit organisasi; di dalamnya diletakkan aktivitas yang menjadi tanggung jawab peran tersebut, sementara aliran panah menunjukkan perpindahan pekerjaan, dokumen, atau informasi lintas lane.

Penjelasan struktur masing masing elemen didalam Cross functional flowchart akan dijelaskan di tabel 2.2:

Tabel 2. 2 Elemen didalam Cross functional flowchart

Elemen	Peran dalam cross functional flowchart	Kaitan dengan literatur proses
Simbol aktivitas/proses	Menunjukkan tugas yang dilakukan oleh peran/fungsi tertentu	Flowchart dan notasi BPMN/EPC merepresentasikan proses sebagai rangkaian aktivitas dan kejadian 5
Panah/alur	Menunjukkan urutan kerja dan perpindahan output antar peran	Digunakan untuk memahami, mengomunikasikan, dan merekayasa ulang proses
Swimlane (peran/fungsi)	Memetakan siapa (fungsi mana) yang bertanggung jawab pada tiap langkah	Mendukung pemahaman proses lintas fungsi untuk integrasi dan koordinasi

Peran Cross functional flowchart dalam memodelkan proses lintas peran/fungsi:

1. Memvisualisasikan integrasi lintas fungsi

Perencanaan rantai pasok, SOP, dan proses bisnis kompleks hampir selalu bersifat lintas fungsi (penjualan, pemasaran, keuangan, operasi, dll.) dan membutuhkan kolaborasi intensif. Flowchart lintas fungsi membantu memetakan bagaimana fungsi-

- fungsi berbeda ini berkontribusi dan berinteraksi di sepanjang proses perencanaan dan eksekusi (Wynn & Clarkson, 2018).
2. Mendukung pemahaman, koordinasi, dan komunikasi
Representasi proses sebagai diagram alir sangat berguna untuk memahami dan mengomunikasikan proses, serta untuk kegiatan perbaikan/re-engineering (Wynn & Clarkson, 2018). Dengan penambahan swimlane per fungsi, organisasi dapat:
 - Melihat dengan jelas titik serah-terima (handoff) antar fungsi
 - Mengidentifikasi tumpang tindih atau celah tanggung jawab
 - Menjelaskan siapa melakukan apa, kapan, dan dengan input dari siapa
 3. Menjadi dasar analisis dan perbaikan proses
Notasi proses seperti flowchart, EPC, atau BPMN menyediakan simbol untuk aktivitas, kejadian, dan konteks lain, dan dapat diperluas untuk model varian proses atau aturan validasi (Wynn & Clarkson, 2018). Cross functional flowchart dapat digunakan sebagai:
 - Dasar mengidentifikasi bottleneck lintas fungsi (misalnya persetujuan lambat di fungsi tertentu)
 - Titik awal merancang ulang proses agar lebih terintegrasi dan selaras di seluruh fungsi.
 4. Mendukung keselarasan (alignment) dan integrasi organisasi
Studi pada perencanaan rantai pasok menunjukkan bahwa proses formal yang terdefinisi baik dapat bertindak sebagai mekanisme integrasi lintas fungsi, bahkan ketika insentif formal tiap fungsi berbeda. Cross functional flowchart membantu mendesain dan mengkomunikasikan proses semacam itu sehingga pelaksanaan lintas fungsi menjadi lebih selaras.

2.2.5 Arsitektur Monolithic Modular Berbasis Layered Architecture

Dalam pengembangan sistem informasi, monolithic modular architecture dapat dipahami sebagai arsitektur monolitik (satu unit deploy) yang diorganisasi secara modular dan *loosely coupled* di dalamnya. Aplikasi tetap dibangun dan dideploy sebagai satu artefak tunggal, tetapi struktur internalnya terdiri dari modul-modul yang jelas batas tanggung jawabnya, dengan antarmuka yang terdefinisi baik.

Studi empiris tentang continuous delivery (CD) menunjukkan bahwa monolitik dapat tetap cepat dan efektif bila arsitekturnya *loosely coupled* dan *modular* dengan antarmuka yang jelas, meski seluruh fungsi dikemas sebagai satu unit deploy (Tapia et al., 2020). Berbagai aspek dari arsitektur dan ciri utama arsitektur ini akan dijelaskan di tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Aspek pada arsitektur monolithic modular

Aspek	Ciri utama pada monolithic modular
Unit deploy	Satu executable/artefak berisi banyak domain, layer, modul, dan library.
Struktur internal	Terbagi menjadi modul-modul dengan fungsi yang jelas, koheren, dan dapat dievaluasi modularitasnya.
Coupling & cohesion	Mengutamakan kohesi tinggi di dalam modul dan keterkaitan antarmodul yang rendah (loose coupling).
Antarmuka	Komunikasi lewat API internal atau antarmuka yang eksplisit, sehingga ketergantungan bisa diukur dan dikontrol.
Evolvability	Modul dapat berevolusi relatif independen secara desain, meskipun build/deploy tetap tunggal

Literatur tentang perangkat lunak dan microservices banyak mengacu pada prinsip klasik information hiding dan modularitas: memecah sistem menjadi modul yang menyembunyikan detail implementasi dan hanya mengekspos layanan inti. Beberapa prinsip penting mengenai modularitas adalah:

- Pemecahan berdasarkan fungsi/domain bisnis
Modul didefinisikan berdasarkan fungsi yang koheren (functional cohesion), bukan hanya berdasarkan lapisan teknis (Jin et al., 2021).
- Information hiding & API-centric
Setiap modul menyembunyikan data/implementasinya dan hanya diakses melalui API atau antarmuka resmi; kualitas modularisasi dapat diukur melalui metrik API dan ketergantungan antarmodul.
- Low coupling, high cohesion
Modularitas dievaluasi lewat metrik ketergantungan struktural dan kesamaan tujuan layanan dalam satu modul (Jin et al., 2021).
- Layering arsitektural yang jelas
- Modul dikelompokkan menurut lapisan (presentasi, logika bisnis, data), dengan ketergantungan searah dan terkontrol.

Layering adalah bentuk khusus modularitas: bagian sistem diorganisasi dalam hierarki lapis paralel, misalnya: presentasi (UI), aplikasi/servis, domain (logika bisnis), dan data/persistensi (Gasser & Almeida, 2017). Setiap layer:

- mempunyai tanggung jawab spesifik (misal: hanya akses data, atau hanya mengelola logika domain).
- berkomunikasi lewat antarmuka yang terdefinisi (misal service interface, repository).
- biasanya mengakses hanya layer di bawah/atasnya, sehingga aliran dependensi jelas.

Layering digunakan luas dalam sistem jaringan dan SDN untuk memisahkan control plane dan data plane, sehingga inovasi dan perubahan dapat dilakukan pada satu lapis tanpa mengganggu yang lain. Dalam tata kelola AI, model berlapis dipakai untuk memisahkan fondasi teknis, lapisan etis, dan lapisan sosial/hukum, sehingga kebijakan di tingkat atas tidak tercampur detail implementasi teknis di bawah (Gasser & Almeida, 2017). Ini mengilustrasikan prinsip umum: layering memisahkan tanggung jawab konseptual yang berbeda dalam suatu sistem kompleks.

Menggabungkan monolith modular dengan layered architecture berarti:

- Sistem tetap satu deployment unit (monolith), sehingga overhead distribusi dan orkestrasi rendah dan performa sering lebih baik untuk beban sedang (Blinowski et al., 2022).
- Di dalam monolith, kode diorganisasi menjadi modul-modul (misalnya per domain/bisnis) yang tersusun ke dalam layer:
 - Layer presentasi (REST controller, UI)
 - Layer aplikasi/servis (orchestrator use-case)
 - Layer domain (entitas, domain services, rules)
 - Layer infrastruktur (repository, integrasi eksternal)

Dalam pengembangan sistem informasi, penggunaan monolit yang modular memiliki sejumlah keunggulan penting:

- Maintainability dan evolvability lebih baik

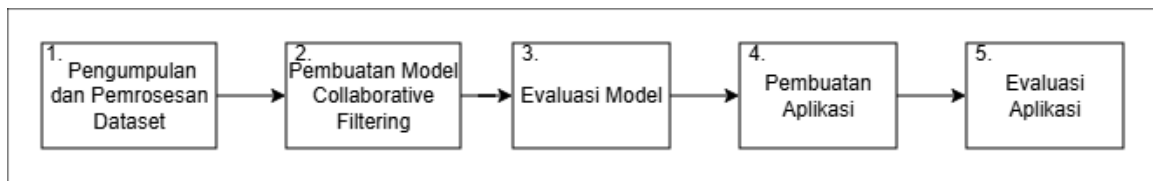
Monolit sering menjadi sulit dirawat saat kompleksitas tumbuh, tetapi modularitas internal meningkatkan kemampuan pemeliharaan dan evolusi fungsionalitas secara terkendali (Jin et al., 2021).

- Mendukung praktik modern
Studi empiris menunjukkan CD dapat berhasil pada monolit bila arsitektur internalnya modular dan *loosely coupled*; satu tim dapat bergerak sangat cepat dengan kualitas tinggi saat modul-modul jelas dan tidak saling menjerat (Shahin et al., 2019).
- Stabilitas dan kinerja
Evaluasi performa menunjukkan pada satu mesin, monolit cenderung lebih cepat daripada versi microservices karena tidak ada overhead komunikasi jaringan antar-service (Tapia et al., 2020). Monolit modular mempertahankan keuntungan kinerja ini sambil mengurangi keruwetan internal.
- Biaya dan kompleksitas operasional lebih rendah dibanding microservices
Migrasi ke microservices membawa kompleksitas orkestrasi, koordinasi layanan, dan infrastruktur baru. Monolit modular memungkinkan organisasi kecil/menengah memperoleh banyak manfaat modularitas tanpa biaya penuh ekosistem microservices.
- Landasan untuk migrasi terarah ke microservices
Banyak pendekatan dekomposisi monolit ke microservices berangkat dari identifikasi modul atau “service candidates” di dalam monolit. Monolit yang sejak awal dirancang modular memudahkan ekstraksi layanan di kemudian hari.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3 METODOLOGI

Tahapan metodologi pada penelitian ini didesain untuk memastikan model rekomendasi *Hybrid Collaborative Filtering* sebagai solusi atas keterbatasan Marketer dalam mengenali pola pembelian yang relevan dari 2.060 produk lintas 53 pelanggan agar dapat dirancang, diuji, dan divalidasi secara matang sebelum diintegrasikan ke dalam sistem informasi. Metodologi pengembangan sistem dalam Tugas Akhir ini mengacu pada model Waterfall, yang dipilih karena kebutuhan sistem telah terdefinisi secara jelas melalui analisis awal proses bisnis *as-is* dan *to-be* di CV. EKHABIMA. Model Waterfall memberikan struktur tahapan yang linear dan terkontrol, sesuai dengan alur pekerjaan bisnis yang sudah tetap dan terbatas pada satu jaringan lokal. Alur metodologi Tugas Akhir secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.1.

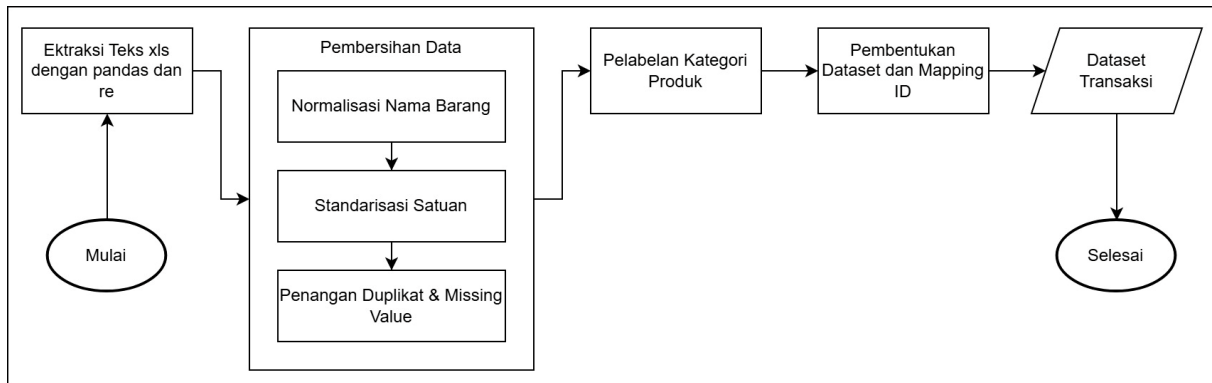


Gambar 3. 1 Metodologi tugas akhir

Gambar 3.1 Menunjukkan metodologi penelitian dimulai dari pengumpulan data historis penawaran dalam bentuk xls. Tahap ini dimulai dengan pengumpulan dan ekstraksi data dari dokumen penawaran historis, menghasilkan data mentah yang kemudian diproses melalui tahap *parsing*, pembersihan, dan standardisasi (termasuk normalisasi nama produk, satuan, serta penanganan duplikat). Setelah itu, dilakukan identifikasi eksplisit terhadap *user* (pelanggan) dan *item* (produk) beserta atribut kategorinya (*category_id*), lalu dibentuk matriks interaksi *user-item* biner. Diakhiri dengan *encoding* numerik dan penyusunan dataset akhir. Selanjutnya, pada tahap Pembentukan Model Rekomendasi, dibangun model Item-Based Collaborative Filtering (IBCF) dengan logika Hybrid. Model ini menghitung matriks kemiripan antar produk (*Item-Item Cosine Similarity*) dan menggabungkannya dengan kesamaan kategori, lalu diekspor sebagai file *.joblib*. Setelah itu, dilakukan Evaluasi Model menggunakan skenario *Leave-One-Out (LOO)* untuk memastikan kinerja model memenuhi standar akurasi (*Precision*, *Hit Rate*), relevansi, dan jangkauan variasi (*Coverage*) sebelum diimplementasikan. Tahap berikutnya adalah Pembuatan Aplikasi, yang mencakup perancangan sistem informasi, normalisasi basis data, pengembangan modul inti, serta integrasi model rekomendasi ke dalam modul penawaran melalui arsitektur *microservice* (FastAPI) yang dipanggil oleh backend Laravel secara *real-time* saat Marketer memilih produk pertama pada form penawaran.

3.1 Pembuatan dan Pemrosesan Dataset

Dataset untuk sistem rekomendasi *collaborative filtering* dibangun dari dokumen penawaran historis CV. EKHABIMA dalam format file *spreadsheet* (.xls dan .xlsx). Proses pembuatan dataset dimulai dari ekstraksi teks mentah hingga pembentukan matriks interaksi *user-item* siap pakai. Diagram alur proses ini ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Alur pembuatan dan pemrosesan dataset

3.1.1 Ekstraksi Teks

Dalam pengembangan sistem rekomendasi ini, dataset diperoleh dari dokumen penawaran historis CV. EKHABIMA yang tersimpan dalam format xls. Dataset mencakup kurang lebih 2 tahun transaksi penjualan (2024-2025) dengan total 490 dokumen penawaran. Setiap dokumen penawaran berisi informasi tentang pelanggan, daftar barang yang dibeli, kuantitas, harga satuan, dan total harga.

Proses ekstraksi data dilakukan secara semi-otomatis dengan skrip python dengan library pandas dan re untuk mengekstrak teks dari file xls. tantangan utama dalam pemrosesan data ini adalah variasi format dokumen penawaran historis yang tidak seragam, letak *header* tabel yang dinamis, serta adanya baris informasi tambahan (*garbage/spec rows*) yang bukan merupakan data barang. Data yang diekstrak meliputi: `nama_barang`, `satuan`, `harga_satuan`, dan `customer` sebagai dasar dalam pembentukan matriks interaksi untuk *collaborative filtering*.

Struktur dataset yang dihasilkan terdiri dari tabel utama transactions dengan skema sebagai berikut di tabel 3.1:

Tabel 3. 1 Tabel Struktur Dataset

Kolom	Tipe Data	Deskripsi
<code>nama_barang</code>	String	Nama produk
<code>Satuan</code>	INT	Jenis satuan produk
<code>Harga_satuan</code>	float	Harga satuan produk
<code>Customer</code>	String	Nama customer

Untuk mengekstrak data menjadi struktur transaksi yang valid, sistem melakukan tahapan berikut:

1. Ekstraksi Identitas Pelanggan (*Customer Extraction*): Tahap pertama saat membaca dokumen Excel mentah (tanpa menentukan letak *header*) adalah mencari identitas pelanggan. Sistem akan melakukan iterasi untuk mencari sel yang mengandung kata kunci "Kepada". Terdapat dua format penulisan yang diakomodasi: format gabung dalam satu sel (contoh: "Kepada : PT. Sinergi Gula Nusantara") dan format terpisah (kata "Kepada" bertindak sebagai label, sementara nama pelanggan berada di sel sebelahnya).
2. Deteksi *Header* dan Standarisasi Kolom: Karena letak tabel daftar barang bervariasi, sistem dilengkapi fungsi pendeteksi *header* dinamis (`detect_header_row`). Algoritma memberikan *score* pada setiap baris berdasarkan keberadaan kata kunci *header* seperti "no", "nama", "barang", "jumlah", "qty". Baris pertama dengan kecocokan minimal 2 kata kunci

ditetapkan sebagai *header*. Kolom kemudian distandardisasi (misalnya "qty" menjadi jumlah, "nama barang" menjadi nama_barang), sementara kolom yang tidak diperlukan untuk pemodelan akan diabaikan untuk menghemat memori.

3. **Penyaringan Baris Data (*Row Filtering*)**: Dokumen penawaran seringkali menyisipkan baris penjelasan teknis atau syarat dan ketentuan di bawah tabel barang. Sebuah baris dipertahankan sebagai data barang apabila kolom nama_barang tidak bernilai kosong, teks tidak mengandung kata kunci spesifikasi/penutup surat (seperti "specification", "kondisi", "pembayaran"), dan kolom "no" wajib memiliki nilai numerik yang valid. Jika tidak memenuhi syarat ini, baris tersebut akan diabaikan karena diasumsikan sebagai *garbage/spec rows*.

3.1.2 Pembersihan dan Standardisasi Data

Setelah data berhasil diparsing menjadi bentuk terstruktur dan melewati penyaringan awal, tahap selanjutnya adalah pembersihan dan standardisasi data. Proses ini krusial untuk meningkatkan kualitas dataset, mengingat data historis seringkali memiliki inkonsistensi penulisan nama barang dan struktur data. Proses ini meliputi empat komponen utama:

1. **Normalisasi Nama Barang**: Data dibersihkan dari *noise* teks. Jika nama barang mengandung deskripsi multi-baris (mengandung *newline* \n), sistem hanya mengambil baris teks pertama karena baris selanjutnya biasanya berisi detail spesifikasi yang tidak diperlukan. Seluruh teks kemudian diubah menjadi huruf kecil (*lowercase*). Sebagai langkah normalisasi awal untuk mengatasi banyaknya variasi nama produk, sistem melakukan translasi istilah kimia dasar agar seragam (contoh: "natrium" diubah menjadi "sodium", "naoh" menjadi "sodium hydroxide", dan *typo* "hidroksida" diperbaiki menjadi "hydroxide"). Sementara itu, untuk menangani variasi penulisan lainnya, proses standarisasi dilakukan secara manual melalui pemetaan *lookup table* untuk mengubah berbagai variasi tersebut menjadi bentuk standar (contoh: "MgO" atau "Magnesium Oksida" distandardisasi secara manual menjadi "Magnesium Oxide").
2. **Standarisasi Satuan**: Berbagai format satuan yang ditemukan dalam data historis diseragamkan. Contoh penyeragaman meliputi: variasi "jrg" atau "jarig" menjadi "JRG", "btl" atau "botol" menjadi "BTL", dan "ltr" atau "liter" menjadi "LTR".
3. **Penanganan Data Duplikat**: Data duplikat ditangani berdasarkan level kejadian. Untuk duplikat *item* yang sama dengan customer berbeda akan dipertahankan.
4. **Penanganan Nilai yang Hilang atau Tidak Valid**: Nilai pada kolom jumlah dikonversi secara aman ke dalam tipe data numerik (*int*). Jika ditemukan kasus di mana kuantitas tidak disebutkan secara eksplisit pada dokumen, sistem mengasumsikan nilai kuantitas sama dengan 1.

3.1.3 Pelabelan Kategori Produk

Setelah proses pembersihan dan standarisasi nama barang selesai, tahapan berikutnya adalah mengelompokkan setiap produk ke dalam kategori yang lebih spesifik. Pelabelan ini bertujuan untuk memberikan struktur hierarki pada data barang yang nantinya sangat berguna dalam analisis transaksi maupun mempermudah pencarian pada sistem informasi. Terdapat 20 kategori utama yang telah ditentukan, yaitu:

- Alat Besar & Instrumen Khusus
- Alat Pelindung Diri (APD)
- Alat Tulis & Perlengkapan Kantor
- Alat Ukur & Instrumen Laboratorium
- Bahan Bangunan & Material Konstruksi
- Bahan Kimia
- Consumables & Disposable

- Elektronik & Kelistrikan
- Furnitur & Infrastruktur Laboratorium
- Glassware & Plastikware
- Kertas Saring & Filtrasi
- Kotak P3K & Perlengkapan Medis
- Media & Reagen Mikrobiologi
- Peralatan Kebersihan & Sanitasi
- Peralatan Kebun & Pertanian
- Peralatan Laboratorium Umum
- Peralatan Rumah Tangga & Lainnya
- Perlengkapan Industri
- Spare Part & Komponen Mekanik
- Test Kit & Reagen Analitik

Mengingat banyaknya variasi nama produk spesifik di bidang laboratorium dan bahan kimia yang berjumlah ratusan, proses pelabelan (*labeling*) ini tidak dilakukan satu per satu secara manual. Pelabelan dilakukan secara otomatis dengan bantuan teknologi kecerdasan buatan, yaitu menggunakan model AI Claude. Dengan instruksi (*prompt*) berisi daftar nama produk yang telah bersih beserta 20 pilihan kategori di atas. AI Claude kemudian menganalisis konteks nama setiap produk dan memetakannya secara tepat ke dalam salah satu dari kategori tersebut. Penggunaan AI ini digunakan untuk mempercepat proses penyusunan katalog master produk dan meminimalisir kesalahan pengklasifikasian akibat keterbatasan domain *knowledge* secara manual. Beberapa contoh hasil barang hasil klasifikasi ada di tabel 3.2:

Tabel 3. 2 Contoh Barang Hasil Klasifikasi AI

No.	Kategori Produk	Barang Hasil Klasifikasi AI
1	Bahan Kimia	Sodium Hydroxide, Alpha Naphthol, Magnesium Oxide
2	Alat Ukur & Instrumen Laboratorium	pH Meter, Picnometer 10ml, Manometer 0-40bar
3	Glassware & Plastikware	Beaker Glass 500ml, Tabung Reaksi
4	Consumables & Disposable	Kertas Saring, Pipet Tetes
5	Test Kit & Reagen Analitik	Alkalinity Test 0,1 - 10 Mmol/L, Litmus Red pH Paper Merck
..	..	..

3.1.4 Pembentukan Dataset Pelatihan dan Mapping ID

Setelah data dipastikan bersih, tidak memiliki duplikasi item pada pelanggan yang sama, dan telah diberi label kategori, tahap terakhir adalah mengubah format data agar siap digunakan untuk pelatihan model (*training*). Algoritma *Collaborative Filtering* memerlukan input berupa matriks data numerik, sehingga perlu dilakukan proses *mapping* (pemetaan) dari data teks menjadi angka ID (*encoding*).

Tahapan yang dilakukan pada proses ini meliputi:

1. Pembersihan Teks Lanjutan: Melakukan pembersihan spasi berlebih (*strip*) dan penyesuaian huruf kapital (*title case*) pada kolom nama barang, kategori (label), dan nama pelanggan. Hal ini dilakukan untuk mencegah terbentuknya ID ganda untuk entitas yang sama akibat perbedaan format penulisan spasi atau kapitalisasi yang terlewat.

Pembuatan ID dan *Lookup Table*: Mengubah setiap nilai unik dari entitas teks menjadi representasi angka berurutan menggunakan fungsi faktorisasi. Nilai angka ini sengaja diatur

agar dimulai dari angka 1 untuk memenuhi standar *Primary Key* pada arsitektur *database* sistem informasi nantinya.

- Pemetaan Produk: Setiap nama produk unik (Nama_Barang) dipetakan menjadi `product_id`.
- Pemetaan Kategori: Setiap kategori unik (Label) dipetakan menjadi `label_id`.
- Pemetaan Pelanggan: Setiap pelanggan unik (Customer) dipetakan menjadi `customer_id`.

Hasil pemetaan tersebut kemudian diekstrak dan disimpan secara terpisah ke dalam file *lookup table* (`lookup_produk.csv`, `lookup_kategori.csv`, dan `lookup_pelanggan.csv`). File ini akan berfungsi sebagai "kamus" untuk mengembalikan format angka (*decode*) menjadi teks nama aslinya saat sistem menampilkan hasil rekomendasi kepada pengguna di platform web. Contoh representasi lookup ID ada di tabel 3.3:

Tabel 3. 3 Representasi Lookup ID

Teks	Jenis Entitas	ID Numerik hasil encoding
PG Candi Baru	Customer	14
Glassware & Plastikware	Label	17
Boiling Flask 24/40 1000ML	Produk	272
Smartlab Hydrochlorid Acid 37% Ar	Produk	1626
..	..	..

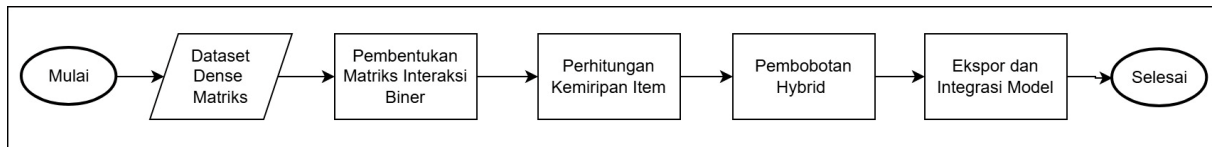
2. Pembentukan Dataset Numerik Akhir: Sistem membentuk satu dataset baru yang murni hanya berisi representasi angka, yang secara berurutan terdiri dari kolom `product_id`, `label_id`, dan `customer_id`. Dataset ini diekspor ke dalam file `dataset_training_ids.csv` tanpa menggunakan baris *header* dan menggunakan pemisah titik koma (;). Dataset numerik inilah yang pada akhirnya menjadi input tunggal yang siap dilatih (*train*) oleh model algoritma. Contoh file dataset di representasikan di tabel 3.4:

Tabel 3. 4 Contoh Representasi Dataset

Product id	Label id	Customer id
8	5	6
23	11	3
1	1	1
61	2	8
..	..	..

3.2 Pembentukan Model Rekomendasi Collaborative Filtering

Pembentukan model ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan untuk menggantikan proses pengambilan keputusan produk pelengkap yang sebelumnya bergantung penuh pada ingatan dan pengalaman personal Marketer, menjadi proses yang konsisten dan berbasis pola data historis transaksi. Setelah dataset selesai diproses, dibersihkan, dan dipetakan ke dalam bentuk ID numerik pada tahap sebelumnya, langkah selanjutnya adalah membentuk kode *python notebook* untuk sistem rekomendasi. Pemodelan pada penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan *Item-Based Collaborative Filtering* (IBCF) yang diberi tambahan logika *Hybrid* dari label kategori produk. Pendekatan ini dipilih untuk meningkatkan relevansi dan akurasi rekomendasi, terutama dalam konteks distribusi alat dan bahan laboratorium di CV. EKHABIMA di mana kesamaan fungsi atau kategori barang memiliki bobot penting. Seluruh proses pelatihan dan evaluasi model diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan pustaka *Pandas*, *NumPy*, dan *Scikit-Learn*.



Gambar 3. 3 Diagram Pembentukan Model

Alur pembentukan model pada gambar 3.3 ini terbagi menjadi beberapa tahapan sistematis, mulai dari pembentukan matriks interaksi, perhitungan kemiripan antar item, penerapan logika *hybrid*, hingga ekspor dan integrasi model.

3.2.1 Persiapan Data dan Pembentukan Matriks Interaksi (User-Item Matrix)

Langkah awal dalam pemodelan adalah memuat dataset numerik (`dataset_training_ids.csv`) yang telah melalui tahap *filtering* dan *encoding*. Pada tahap ini, sistem melakukan penyaringan data untuk menghilangkan duplikat transaksi. Tujuan untuk memastikan bahwa setiap interaksi antara *customer* dan produk hanya dihitung sebagai satu kali interaksi (1 interaksi), terlepas dari berapapun jumlah kuantitas barang yang pernah dibeli dalam satu atau beberapa transaksi.

Pendekatan ini menjadikan *implicit feedback* menjadi bentuk respon interaksi, di mana nilai 1 menandakan bahwa pelanggan pernah membeli produk tersebut, dan nilai 0 menandakan belum pernah. Setelah *implicit feedback* terbentuk, data ditransformasi dari bentuk *edge list* (daftar baris transaksi) menjadi struktur matriks dua dimensi (*Dense Matrix*) melalui operasi *pivot table*. Dalam matriks ini, bagian baris (indeks) direpresentasikan oleh `customer_id`, bagian kolom direpresentasikan oleh `product_id`, dan nilai sel diisi dengan interaksi biner (nilai > 0 diubah menjadi 1). Nilai-nilai kosong (*Missing Values*) yang merepresentasikan produk yang belum pernah dibeli oleh pelanggan tertentu diisi dengan angka 0. Matriks interaksi biner (*User-Item Binary Matrix*) yang dihasilkan ini menjadi dasar untuk perhitungan *similarity* antar produk pada tahap selanjutnya.

3.2.2 Penentuan Paradigma Collaborative Filtering

Berdasarkan karakteristik dataset historis dan kebutuhan operasional CV. EKHABIMA, penelitian ini memilih pendekatan Item-Based Collaborative Filtering (IBCF) yang diperkaya dengan logika *Hybrid*. Pergeseran paradigma dari pendekatan *User-Based* ke *Item-Based* didasarkan pada beberapa pertimbangan strategis dan teknis sebagai berikut:

1. Katalog Produk Tetap

Pendekatan *Item-Based* lebih stabil untuk katalog produk yang relatif tetap. Di CV. EKHABIMA, karakteristik, spesifikasi, dan fungsi barang (misalnya, reagen kimia atau alat ukur tertentu) memiliki konsistensi yang tinggi, sedangkan pola pembelian pelanggan dapat berubah. Oleh karena itu, menghitung dan mengandalkan kemiripan antar item menghasilkan model yang lebih *robust* (tahan) terhadap perubahan perilaku pengguna sesaat dibandingkan mengandalkan kemiripan antar pengguna.

2. Interpretabilitas Bisnis yang Lebih Baik

Dalam konteks bisnis distribusi alat laboratorium, rekomendasi berbasis item jauh lebih mudah dijelaskan dan diterima oleh *Marketer*. Logika sistem yang menyatakan "rekomendasikan barang yang mirip atau sering dibeli bersamaan dengan barang yang sedang dipilih pelanggan" lebih masuk akal secara bisnis. Hal ini meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap sistem dibandingkan logika *User-Based* yang menyatakan "rekomendasikan barang ini karena pelanggan lain yang mirip juga membelinya", yang terkadang sulit divalidasi secara langsung oleh *Marketer*.

3. Efisiensi Komputasi Real-Time

Pendekatan ini lebih efisien secara komputasi ketika jumlah produk unik lebih sedikit atau

sebanding dibandingkan dengan jumlah pengguna. Matriks kemiripan antar item $N * N$, di mana N adalah jumlah produk) dapat dihitung sebelumnya (*pre-computed*) dan disimpan dalam memori. Saat *Marketer* memilih pelanggan di antarmuka sistem, proses rekomendasi hanya memerlukan *lookup* dan agregasi skor yang sangat cepat. Hal ini memungkinkan sistem untuk memenuhi kebutuhan non-fungsional waktu respons ≤ 2 detik pada infrastruktur PC Supervisor lokal tanpa membebani sumber daya komputasi.

4. Kompatibilitas dengan Logika Hybrid

Pendekatan *Item-Based* sangat kompatibel untuk diintegrasikan dengan logika *Hybrid* berbasis kategori (*Content-Based*). Skor kemiripan antar item yang dihitung secara kolaboratif dapat langsung diperkuat oleh kesamaan atribut kategori (misalnya, kesamaan *label_id*). Pendekatan ini secara efektif mengatasi kelemahan murni *Collaborative Filtering*, seperti kesulitan merekomendasikan produk yang jarang dibeli (*long-tail items*) atau produk baru (*cold-start item*), namun sebenarnya memiliki fungsi teknis yang identik dengan produk lain dalam kategori yang sama.

Pemilihan paradigma IBCF *Hybrid* ini sejalan dengan literatur terkini yang menyatakan bahwa untuk domain e-commerce B2B dengan katalog terstruktur, pendekatan berbasis item memberikan keseimbangan optimal antara akurasi, kecepatan respons, dan kemudahan penjelasan kepada *end user*.

3.2.3 Pembentukan Matriks Interaksi Biner (*User-Item Binary Matrix*)

Pada tahap ini, sistem melakukan penyaringan data untuk menghilangkan duplikasi transaksi. Tujuannya adalah memastikan bahwa setiap pasangan interaksi antara *customer* dan produk hanya dihitung sebagai satu kali interaksi (1 interaksi), terlepas dari berapapun jumlah (*quantity*) kuantitas barang yang pernah dibeli.

Pendekatan ini mengubah bentuk respon interaksi menjadi *implicit feedback* biner, di mana nilai 1 menandakan bahwa pelanggan pernah membeli produk tersebut, dan nilai 0 menandakan belum pernah. Setelah *implicit feedback* terbentuk, data ditransformasi dari bentuk *edge list* menjadi struktur matriks dua dimensi (*Dense Matrix*) melalui operasi *pivot table*. Dalam matriks ini, sumbu baris direpresentasikan oleh *customer_id*, sumbu kolom oleh *product_id*, dan nilai sel diisi dengan interaksi biner. Nilai-nilai kosong (*Missing Values*) diisi dengan angka 0. Matriks ini menjadi pondasi utama untuk perhitungan kemiripan.

3.2.4 Perhitungan Kemiripan Item (*Item-Item Cosine Similarity*)

Berbeda dengan pendekatan *User-Based Collaborative Filtering* yang berfokus mencari kemiripan pola pembelian antar pelanggan, model ini menggunakan pendekatan *Item-Based* yang mencari kemiripan pola pembelian antar produk. Untuk memfasilitasi hal ini, matriks interaksi biner yang telah dibentuk sebelumnya akan ditranspos (diputar) agar produk menjadi baris referensi, sedangkan pelanggan menjadi kolom.

Perhitungan kemiripan antar produk dilakukan menggunakan metrik jarak *Cosine Similarity*. Algoritma ini bekerja dengan mengukur nilai *cosine* dari sudut antara dua vektor produk dalam ruang berdimensi banyak. Jika dua produk sering dibeli bersamaan oleh sekelompok pelanggan yang sama, maka sudut antara vektor keduanya akan mengecil, dan nilai kemiripannya akan mendekati 1. Sebaliknya, nilai yang mendekati 0 mengindikasikan bahwa kedua produk tersebut jarang atau tidak pernah dibeli oleh pelanggan yang sama. Hasil dari tahap ini adalah sebuah matriks baru berskala $N * N$ (di mana N adalah jumlah total produk unik dalam katalog) yang menyimpan skor kemiripan antara setiap produk dengan seluruh produk lainnya. Perhitungan ini dioptimalkan menggunakan fungsi yang dimiliki dari pustaka *Scikit-Learn* untuk memastikan efisiensi komputasi.

3.2.5 Pembobotan Hybrid (Hybrid Recommendation Logic)

Untuk mengatasi potensi kelemahan pada *Collaborative Filtering* seperti sulitnya merekomendasikan produk yang jarang dibeli tetapi sebenarnya memiliki fungsi atau spesifikasi yang sangat mirip, sistem mengimplementasikan logika *Hybrid*. Logika ini menggabungkan skor kemiripan berbasis riwayat pembelian (*Collaborative Filtering Score*) dengan kesamaan atribut kategori produk (*Content-Based/Label Similarity*).

Sistem akan memberikan skor label 1.0 jika dua produk berada dalam kategori (*label_id*) yang sama, dan skor 0.0 jika berbeda kategori. Skor akhir hibrida (*Hybrid Score*) dihitung menggunakan persamaan 3.1:

$$\text{Hybrid Score} = (\alpha \times CF_Score) + ((1 - \alpha) \times \text{Label_Sim}) \quad 3.1$$

Di mana parameter α (*Alpha*) ditetapkan sebesar 0.6. Pembobotan ini agar sistem lebih memprioritaskan histori riwayat pembelian kolaboratif (bobot 60%), sekaligus memakai kesamaan kategori sebagai penyaring dan penambah akurasi (40%). Hal ini sangat krusial untuk memastikan rekomendasi yang dihasilkan tetap relevan bagi kebutuhan spesifik laboratorium pengguna di CV. EKHABIMA.

Dalam tahapan eksekusi, sistem memberikan rekomendasi berdasarkan produk, bukan identitas pelanggan. Saat pengguna menyusun dokumen penawaran, sistem *backend* mengirimkan daftar produk yang sedang dipilih dalam bentuk *array* ID produk. Model memproses sekumpulan ID produk tersebut, memanggil skor hibrida dari setiap barang, lalu melakukan agregasi untuk menghasilkan daftar rekomendasi.

Sistem memiliki skenario penanganan khusus jika produk yang dimasukkan tidak menghasilkan pola kemiripan sama sekali di dalam matriks. Apabila daftar rekomendasi hibrida menghasilkan nilai kosong karena produk pilihan pengguna merupakan barang yang jarang dibeli atau belum memiliki kedekatan data kolaboratif, sistem secara otomatis mengembalikan daftar produk paling populer secara global sebagai *fallback*. Mekanisme ini berjalan agar sistem tetap memberikan alternatif pilihan barang kepada pengguna.

3.2.6 Ekspor dan Integrasi Model

Model akhir beserta matriks kemiripan item yang telah dihitung diekspor ke dalam format *byte stream* (*joblib*) menggunakan pustaka *Joblib* di Python. Format ini dipilih agar model dapat dimuat dengan cepat dan efisien pada layanan *microservice* Python menggunakan *framework* FastAPI. Selanjutnya, infrastruktur *backend* berbasis Laravel akan mengomunikasikan dan memanggil layanan rekomendasi tersebut melalui antarmuka pemrograman aplikasi (API/RESTful endpoint) saat sistem informasi beroperasi di lingkungan produksi.

3.3 Evaluasi Model

Evaluasi model rekomendasi dilakukan secara bertahap untuk memastikan bahwa model *Item-Based Collaborative Filtering* dengan logika *Hybrid* yang dibangun memenuhi standar teknis, akurat secara matematis, relevan secara bisnis, dan layak digunakan untuk operasional CV. EKHABIMA. Proses evaluasi mencakup validasi teknis, pengukuran kualitas rekomendasi menggunakan skenario *Leave-One-Out*, validasi konteks bisnis, pengujian ketahanan pada kondisi *edge case*, serta evaluasi penerimaan pengguna akhir.

3.3.1 Validasi Teknis Model

Tahap ini bertujuan memastikan seluruh komponen algoritma berfungsi tanpa menghasilkan *error* sebelum diuji pada data uji. Validasi dilakukan melalui pengujian internal terhadap komponen perhitungan utama model. Evaluasi mencakup pemeriksaan tingkat *sparsity* matriks interaksi, validasi rentang nilai *similarity* dan skor prediksi, serta pengujian stabilitas sistem

pada skenario input ekstrem. Selain itu, dilakukan uji performa untuk memastikan sistem mampu merespons permintaan rekomendasi dalam batas waktu yang dapat diterima pada lingkungan komputasi lokal (PC Supervisor). Threshold keberhasilan validasi adalah:

1. Matriks kemiripan item (*Item-Item Similarity Matrix*) berhasil terbentuk tanpa nilai *NaN* atau anomali numerik.
2. Seluruh nilai *similarity* berada pada rentang yang valid $[0,1]$ untuk data interaksi biner non-negatif.
3. Mekanisme *fallback* (rekomendasi populer) dipanggil saat tidak ditemukan kemiripan item.
4. Waktu respons sistem untuk menghasilkan daftar rekomendasi ≤ 2 detik per permintaan, sesuai dengan kebutuhan non-fungsional (NF1).

3.3.2 Evaluasi Akurasi Rekomendasi (*Leave-One-Out*)

Tahap ini bertujuan mengukur kualitas prediksi model secara objektif. Berbeda dengan pembagian data berbasis waktu, evaluasi ini menggunakan pendekatan *Leave-One-Out* (LOO) yang lebih ketat dan umum digunakan dalam evaluasi sistem rekomendasi *top-N*.

Pada skenario LOO ini, hanya pelanggan yang memiliki riwayat pembelian minimal 2 (dua) produk berbeda yang diikutsertakan. Untuk setiap pelanggan yang memenuhi syarat, sistem secara acak akan "menyembunyikan" atau menahan 1 item produk dari riwayat pembeliannya untuk dijadikan sebagai data uji (*ground truth*). Sisa produk lainnya dalam riwayat pelanggan tersebut digunakan sebagai histori masukan bagi sistem untuk menghasilkan daftar *Top-N Recommendations*. Pengujian dilakukan dengan variasi batas rekomendasi $K=5$ dan $K=10$. Daftar rekomendasi kemudian dinilai menggunakan empat metrik utama:

1. **Hit Rate@K:** Mengukur proporsi keberhasilan sistem, yaitu apakah produk yang disembunyikan (*ground truth*) berhasil muncul di dalam daftar K rekomendasi yang dihasilkan (bernilai 1 jika muncul, 0 jika tidak).
2. **Precision@K:** Mengukur tingkat akurasi dengan melihat seberapa banyak produk yang relevan dari keseluruhan daftar K yang direkomendasikan.
3. **Recall@K:** Mengukur seberapa baik sistem berhasil menemukan item yang relevan. Pada metode LOO di mana hanya terdapat 1 *ground truth* per pengguna, metrik *Recall* secara matematis ekuivalen dengan *Hit Rate*.
4. **Coverage:** Mengukur jangkauan variasi produk, yakni persentase seberapa banyak produk unik di seluruh katalog yang berhasil direkomendasikan oleh sistem. Metrik ini krusial untuk memastikan sistem *Hybrid* tidak hanya merekomendasikan produk yang sering direkomendasikan (*popularity bias*), tetapi mampu merekomendasikan produk *long-tail* yang sejenis.

Sebagai pembandingan, performa model akan dibandingkan dengan *baseline* sederhana, yaitu rekomendasi tanpa logika *hybrid*. Threshold keberhasilan tahap ini adalah:

- *Precision @5* ≥ 0.20 dan *Hit Rate@5* ≥ 0.30 .
- Nilai *Coverage* menunjukkan peningkatan variasi rekomendasi dibanding model *Collaborative Filtering* murni tanpa hybrid.

3.3.3 Evaluasi Filtering Kontekstual

Tahap ini mengevaluasi dampak penerapan logika *Hybrid* dan *filtering* kontekstual terhadap hasil rekomendasi. Evaluasi difokuskan pada kesesuaian rekomendasi dengan konteks bisnis dan batasan operasional CV. EKHABIMA, tanpa mengorbankan relevansi utama hasil perhitungan algoritmik.

Evaluasi dilakukan dengan menganalisis proporsi item rekomendasi yang sesuai dengan kategori dominan pelanggan, serta kepatuhan terhadap aturan bisnis (misalnya, tidak merekomendasikan alat ukur mahal kepada pelanggan yang historinya hanya membeli bahan kimia habis pakai). Threshold keberhasilan tahap ini adalah:

1. Minimal 40% item dalam *Top-5* rekomendasi berasal dari kategori dominan pelanggan dengan bobot $\alpha = 0.6$ pada logika *Hybrid*.
2. Skor relevansi bisnis rata-rata ≥ 4.0 pada skala 1–5 berdasarkan penilaian kualitatif oleh Supervisor atau pihak internal.

3.3.4 Evaluasi Edge Case dan Item Cold-Start

Karena mekanisme rekomendasi pada sistem ini dipicu oleh pemilihan produk pertama pada form penawaran, maka tantangan *cold-start* dan *edge case* bergeser dari profil pelanggan menjadi karakteristik produk pemicu (*trigger item*). Tahap ini bertujuan menguji ketahanan logika *Hybrid* dan mekanisme *fallback* ketika sistem menghadapi kondisi produk yang ekstrem atau tidak lengkap datanya. Evaluasi difokuskan pada dua skenario:

1. Uji *Item Cold-Start* (Produk Baru dengan Kategori):
Sistem disimulasikan dengan memberikan produk baru yang sudah memiliki kategori namun belum memiliki riwayat pembelian sebagai produk pemicu pertama. Evaluasi mengukur apakah logika *Hybrid* berhasil mengambil alih perhitungan dan merekomendasikan produk lain yang memiliki *label_id* yang sama, meskipun data kolaboratif belum terbentuk.
2. Uji *Missing Label* (Produk Tanpa Kategori / *Double Cold-Start*):
Skenario ini mensimulasikan kondisi di mana produk pemicu adalah produk baru yang secara default belum memiliki atribut kategori (*category_id = null*). Kondisi ini melumpuhkan komponen *Hybrid* karena nilai *Label Similarity* tidak dapat dihitung (dianggap 0). Evaluasi bertujuan memverifikasi mekanisme degradasi dan *fallback*:
 - Sistem harus mendeteksi ketiadaan konteks ini dan tidak menghasilkan *error* atau *crash*.
 - Karena tidak memiliki basis kategori untuk *filtering*, sistem harus secara otomatis beralih ke mekanisme Fallback Popularitas Global (merekomendasikan *Top-N* produk terlaris umum).

Threshold keberhasilan tahap ini adalah:

1. Pada skenario *Item Cold-Start*, minimal 80% dari *Top-5* rekomendasi yang dihasilkan berasal dari kategori (*label_id*) yang sama dengan produk pemicu.
2. Pada skenario *Missing label*, sistem berhasil memicu mekanisme *fallback* dan menghasilkan minimal 5 rekomendasi populer tanpa ada *error*.
3. Tidak terjadi rekomendasi kosong (*empty recommendation*) pada 100% skenario pengujian.

4. Waktu respons sistem untuk menghasilkan rekomendasi pada seluruh kondisi edge case tetap memenuhi batas ≤ 2 detik.

3.3.5 Evaluasi Penerimaan Pengguna

Tahap akhir bertujuan menilai kelayakan model dalam mendukung proses kerja CV. EKHABIMA. Evaluasi dilakukan melalui uji coba terbatas (*User Acceptance Testing*) dengan melibatkan *Marketer* sebagai pengguna akhir dalam skenario transaksi.

Evaluasi mencakup pengukuran efisiensi proses kerja, tingkat penerimaan rekomendasi, serta persepsi pengguna terhadap manfaat sistem. Data kuantitatif dan kualitatif digunakan secara komplementer untuk menilai dampak operasional model. Threshold keberhasilan tahap ini adalah:

1. Minimal 3 dari 5 daftar rekomendasi dinilai relevan dan membantu oleh pengguna (*Marketer*).
2. Setidaknya satu item rekomendasi digunakan atau dipertimbangkan dalam dokumen penawaran aktual.
3. Penghematan waktu penyusunan penawaran minimal 25% dibandingkan proses manual tanpa sistem.
4. Skor kepuasan pengguna rata-rata ≥ 4.0 pada skala 1–5 (atau skor SUS ≥ 68 , yang dianggap *good*).

3.4 Pembuatan Aplikasi

3.4.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem yang akan dikembangkan, sehingga sistem yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan operasional CV. EKHABIMA. Pengumpulan kebutuhan dilakukan melalui observasi langsung terhadap alur kerja penawaran, wawancara dengan *Marketer* dan *Supervisor*, serta kajian dokumen penawaran historis. Sebelum kebutuhan fungsional dan non-fungsional secara umum diuraikan, berikut dipaparkan terlebih dahulu kebutuhan khusus yang menjadi akar motivasi pengembangan model rekomendasi, karena kebutuhan inilah yang mendasari perancangan seluruh sistem..

1. Kebutuhan Khusus untuk Sistem Rekomendasi

Karena salah satu inovasi utama sistem ini adalah integrasi *collaborative filtering* untuk rekomendasi barang, maka terdapat kebutuhan khusus yang tidak muncul di sistem informasi penawaran konvensional. Kebutuhan ini muncul dari masalah yang dihadapi: *Marketer* sering kesulitan mengingat preferensi pembelian pelanggan secara detail, sehingga sering melewatkan peluang untuk mengusulkan produk pelengkap yang relevan. Berikut adalah penjelasan mengenai kebutuhan khusus di tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Kebutuhan Khusus

Kebutuhan	Alasan	Sumber
Rekomendasi berbasis jenis produk (bukan harga)	<i>Marketer</i> menyatakan bahwa preferensi pelanggan lebih dipengaruhi oleh jenis barang (misal: <i>Magnesium Oxide</i>), bukan harga.	Wawancara, 15 Des 2025
Rekomendasi harus kontekstual (per kategori)	Contoh Pelanggan <i>PG Rendeng</i> biasanya membeli Alat Ukur, bukan bahan kimia. Rekomendasi harus relevan dengan kategori	Observasi dokumen

Kebutuhan	Alasan	Sumber
Tidak ada cold-start untuk produk baru	Untuk produk baru, sistem akan merekomendasikan barang populer di kategori utama, bukan menampilkan "kosong".	Diskusi dengan Supervisor

Ketiga kebutuhan khusus tersebut menjadi dasar bagi perumusan kebutuhan fungsional F5 (Integrasi Sistem Rekomendasi Barang) pada Tabel 3.6, sehingga fitur rekomendasi dirancang sebagai kebutuhan inti yang menentukan arah pengembangan sistem. Sebagai bukti pendukung observasi dokumen, pada lampiran 2 dan 3 ada dua dokumen penawaran dari pelanggan PG Rendeng (dokumen No. 025425 dan No. 030719) yang secara konsisten memesan kategori Alat Ukur pada dua periode berbeda, serta satu dokumen penawaran dari pelanggan Natura Perisa Aroma (dokumen No. 06819) di lampiran 4 yang menunjukkan kategori berbeda, yaitu Cat/*Coating*, dan cuplikan diskusi di lampiran 5 dengan Supervisor CV. Ekhabima yang menegaskan bahwa rekomendasi produk baru tanpa riwayat transaksi tetap dapat diberikan berdasarkan kategori produknya. Perbandingan ini memperkuat bahwa pola pembelian bersifat konsisten dan spesifik per kategori pelanggan, sehingga mendasari kebutuhan rekomendasi yang kontekstual.

2. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional mencakup seluruh fitur dan layanan yang harus disediakan sistem agar dapat mendukung alur kerja bisnis CV. EKHABIMA sesuai dengan proses *to-be* yang telah dianalisis. Berikut adalah daftar kebutuhan fungsional utama yang dihimpun melalui wawancara dengan *Marketer* dan *Supervisor*, serta observasi terhadap dokumen historis dan akan disajikan di tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Kebutuhan Fungsional

No	Kebutuhan	Penjelasan
F1	Pembuatan Penawaran Digital	Sistem harus mampu menghasilkan dokumen penawaran berbasis data pelanggan dan barang, dengan tata letak sesuai format konvensional.
F2	Mekanisme Approval Digital	Supervisor dapat menyetujui penawaran melalui tombol <i>Approve</i> , dan tanda tangan digital muncul otomatis di PDF hasil.
F3	Sinkronisasi Berbasis Nomor PO	Sistem harus mampu menghubungkan dokumen penawaran dengan purchase order pelanggan menggunakan nomor PO sebagai kunci.
F4	Pembuatan Surat Jalan & Invoice Otomatis	Surat jalan dan invoice dapat dibuat berdasarkan penawaran dan PO yang telah disetujui, tanpa input ulang data.
F5	Integrasi Sistem Rekomendasi Barang	Saat memilih pelanggan di form penawaran, sistem secara otomatis menampilkan daftar barang rekomendasi berdasarkan riwayat pembelian pelanggan tersebut (<i>collaborative filtering</i>).
F6	Manajemen Master Data	Sistem menyediakan CRUD untuk data pelanggan, barang, kategori, dan subkategori.
F7	Arsip & Pencarian Dokumen	Dokumen (penawaran, surat jalan, invoice) tersimpan digital dan dapat dicari berdasarkan nomor, pelanggan, atau tanggal.

Di antara ketujuh kebutuhan fungsional tersebut, F5 (Integrasi Sistem Rekomendasi Barang) merupakan kebutuhan inti yang membedakan sistem ini dari sistem informasi penawaran konvensional. Kebutuhan F1-F4, F6, dan F7 bersifat administratif dan dapat dipenuhi melalui

digitalisasi proses pencatatan biasa, sedangkan F5 secara langsung menjawab akar masalah penelitian, yaitu keterbatasan Marketer dalam mengenali pola pembelian pelanggan dari katalog sebesar 2.060 produk.

3. Kebutuhan Non-Fungsional

Selain fitur inti, sistem juga harus memenuhi serangkaian kriteria kualitas non-fungsional agar dapat beroperasi secara lancar, aman, dan nyaman dalam lingkungan jaringan lokal CV. EKHABIMA. Kriteria ini mencakup aspek performa, keamanan, ketersediaan, dan kemudahan penggunaan. Berbagai penjelasan kebutuhan akan dijelaskan di tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Kebutuhan Non Fungsional

No	Kebutuhan	Penjelasan
NF1	Responsivitas	Waktu respons rekomendasi ≤ 2 detik per produk, agar tidak menghambat alur kerja.
NF2	Ketersediaan	Sistem berjalan 12 jam per hari pada hari kerja pada PC Supervisor (sebagai server lokal).
NF3	Keamanan Data	Akses sistem dibatasi berdasarkan role (<i>Marketer</i> , <i>Supervisor</i>). Tidak ada transfer data ke internet.
NF4	Kompatibilitas	Didesain untuk jaringan LAN internal, kompatibel dengan browser Chrome dan Edge versi terbaru.
NF5	Kemudahan Penggunaan	UI sederhana, mirip tampilan Excel/form konvensional, agar mudah diadopsi oleh pengguna non-teknis.

4. Identifikasi Stakeholder

Identifikasi stakeholder dilakukan untuk memetakan pihak-pihak yang terlibat dalam penggunaan sistem, sehingga kebutuhan dapat dikumpulkan dan ditetapkan dengan tepat. Berikut adalah identifikasi stakeholder di tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Identifikasi Stakeholder

Stakeholder	Peran	Tanggung Jawab
Marketer	Pengguna Utama	bertugas membuat penawaran dan mengelola dokumen pelanggan
Supervisor	Pengguna Utama	bertugas meninjau dan menyetujui penawaran, surat jalan, dan invoice.
Administrator	Pengguna Utama	Bertugas mengatur master produk, user, dan barang

3.4.2 Perancangan Proses Bisnis Usulan

1. Proses Bisnis 1: Dokumen Penawaran

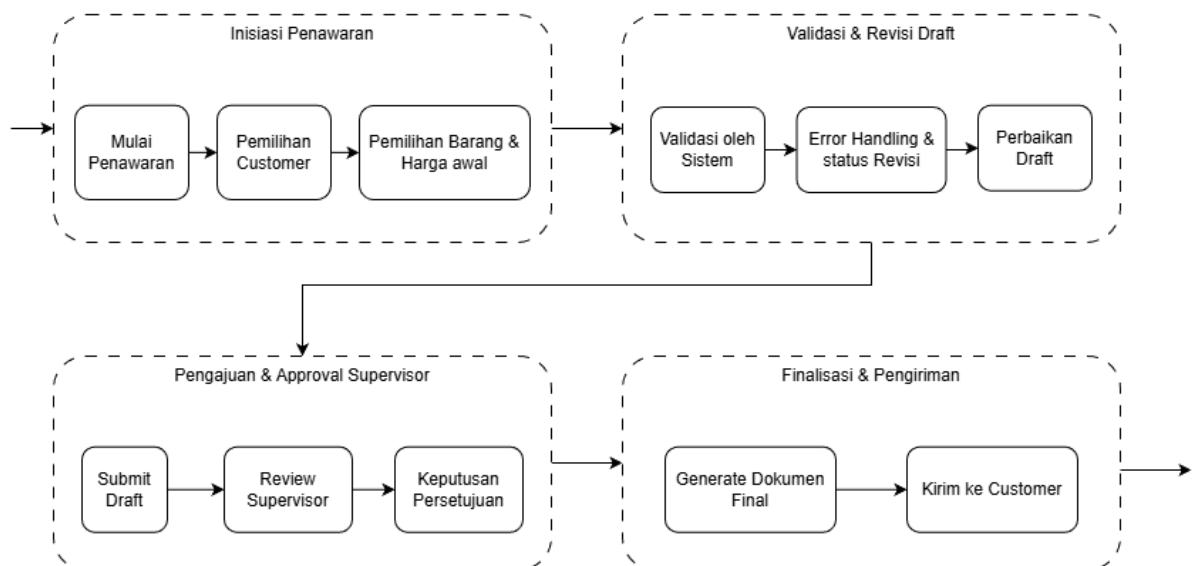
a. Cross Functional Flowchart sistem To-Be Dokumen Penawaran

Diagram pada gambar 3.5 alur sistem to-be pembuatan dokumen penawaran melibatkan aktor *Marketer*, Sistem, dan *Supervisor*. Alur ini dimulai oleh *Marketer* yang membuat draf penawaran dengan memilih pelanggan dan barang, kemudian Sistem secara otomatis menarik harga dan memvalidasi kelengkapan data. Jika data valid, draf diajukan kepada *Supervisor* untuk ditinjau dan diberikan persetujuan. Setelah disetujui, Sistem mengubah status dokumen menjadi *approved* dan menghasilkan *file* PDF final yang siap dikirimkan kepada pelanggan. Kotak kuning pada diagram menunjukkan langkah proses bisnis eksisting, dan kotak biru menggambarkan proses bisnis yang akan dibuat.

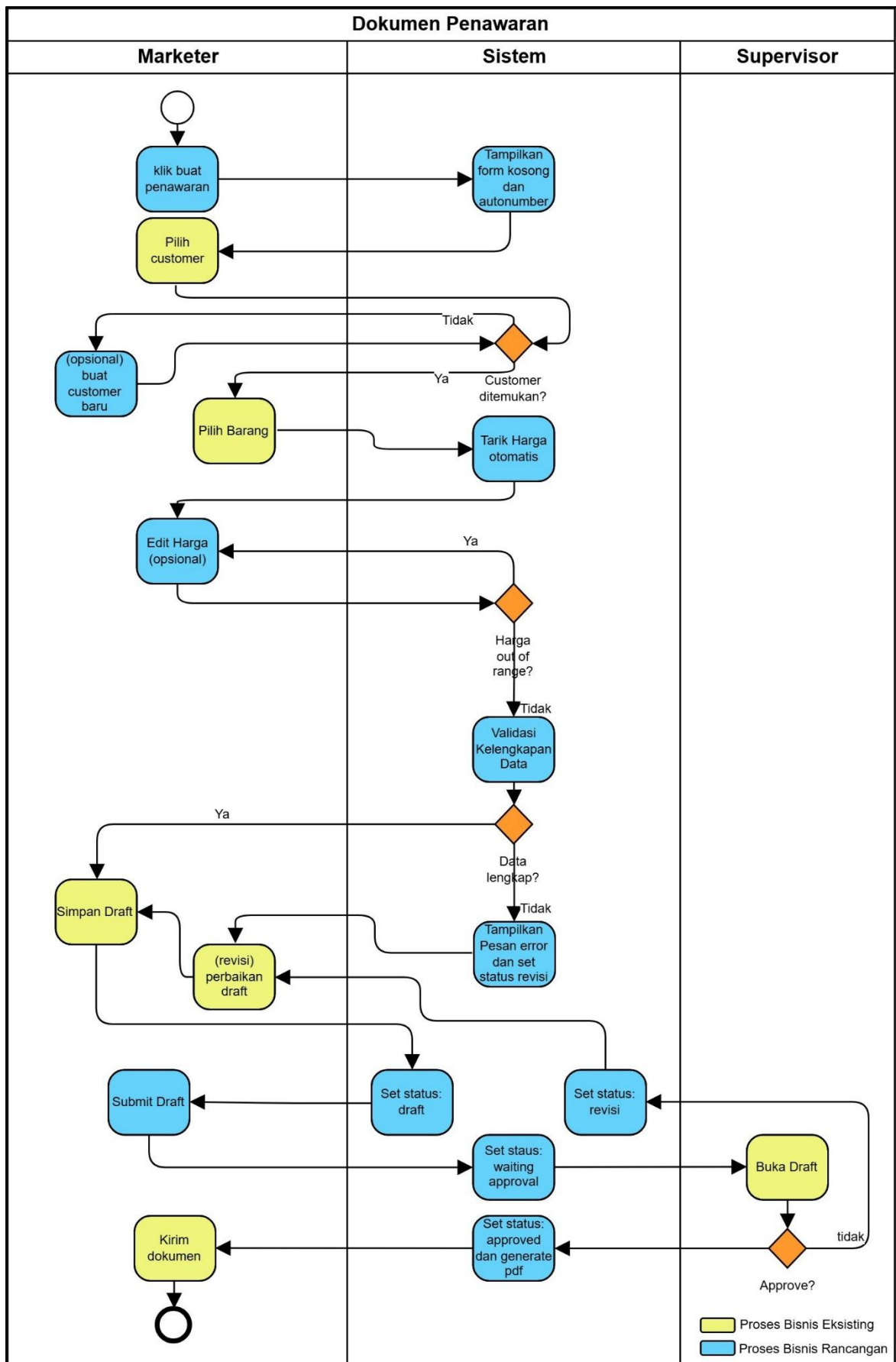
b. Blok Proses Sistem To-Be Dokumen Penawaran

Berdasarkan Cross Functional Flowchart, proses sistem pada gambar 3.4 tentang pembuatan dokumen penawaran dibagi menjadi blok-blok fungsional utama sebagai berikut:

- 1) Blok Proses Inisiasi Penawaran: Blok ini bertujuan untuk memulai draf penawaran dengan memilih data pelanggan dan barang oleh Marketer. Hasil utamanya adalah terbentuknya draf awal dengan harga yang ditarik otomatis oleh sistem.
- 2) Blok Proses Validasi & Revisi Draft: Blok ini berfungsi untuk memastikan integritas data melalui validasi otomatis oleh sistem dan error handling. Hasilnya adalah status draf yang tervalidasi atau instruksi revisi jika data belum lengkap.
- 3) Blok Proses Pengajuan & Approval Supervisor: Blok ini bertujuan sebagai peninjauan draf final oleh Supervisor untuk pengambilan keputusan manajerial. Hasil utamanya adalah status persetujuan resmi atau penolakan terhadap draf penawaran tersebut.
- 4) Blok Proses Finalisasi & Pengiriman: Blok ini bertujuan memproses data yang telah disetujui menjadi dokumen yang sah. Hasil akhirnya file PDF dokumen penawaran final yang siap dikirimkan ke customer



Gambar 3. 4 Blok proses dokumen penawaran

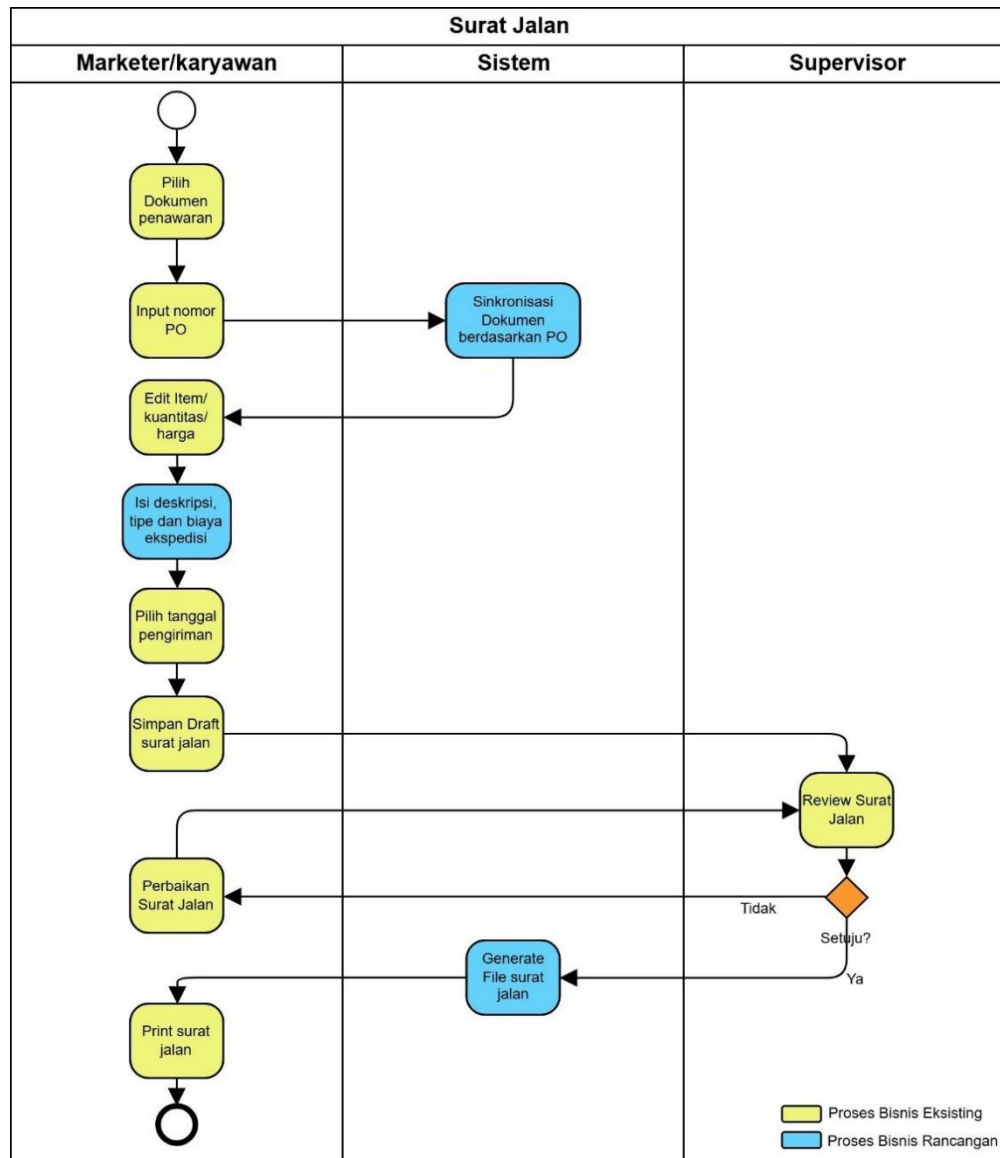


Gambar 3. 5 Cross functional flowchart to-be dokumen penawaran

2. Proses Bisnis 2: Dokumen Surat Jalan

a. Cross Functional Flowchart sistem To-Be Dokumen Surat Jalan

Diagram pada gambar 3.6 menggambarkan alur pembuatan surat jalan yang melibatkan aktor Marketer, Sistem, dan Supervisor. Marketer memulai proses dengan menyinkronkan data dari dokumen penawaran dan Purchase Order (PO), kemudian Sistem memvalidasi detail item sebelum draf diajukan untuk tinjauan Supervisor. Proses berakhir ketika Supervisor menyetujui draf dan Sistem menghasilkan fail surat jalan final untuk dicetak sebagai kelengkapan pengiriman. Kotak kuning pada diagram menunjukkan langkah proses bisnis eksisting, dan kotak biru menggambarkan proses bisnis yang akan dibuat.

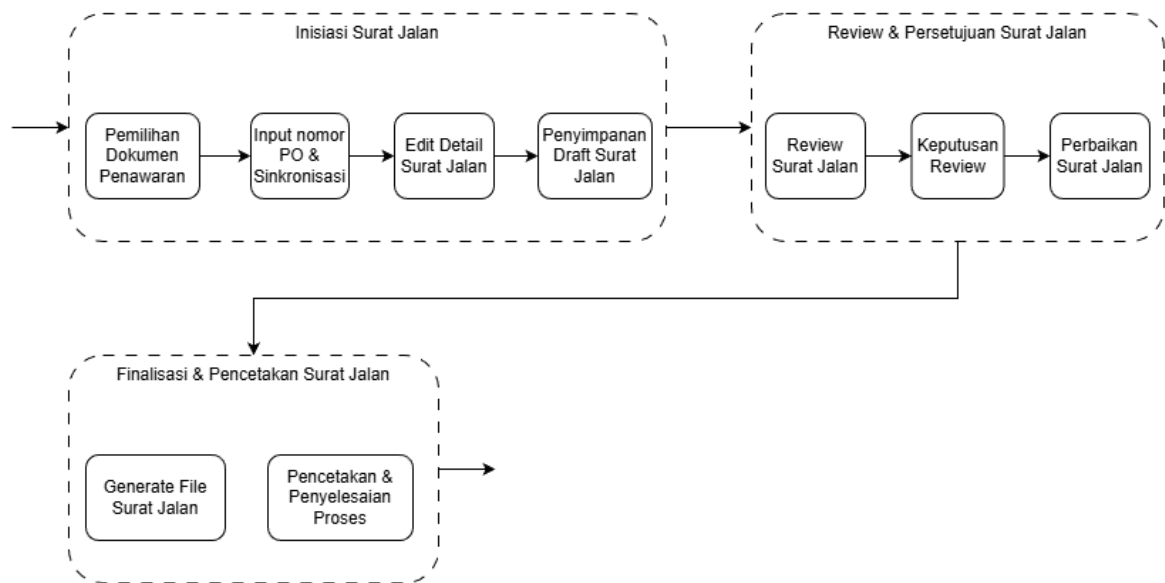


Gambar 3. 6 Cross functional flowchart to-be dokumen surat jalan

b. Blok Proses Sistem To-Be Dokumen Surat Jalan

Berdasarkan Cross Functional Flowchart, proses sistem pada gambar 3.7 tentang pembuatan dokumen surat jalan dibagi menjadi blok-blok fungsional utama sebagai berikut:

- 1) Blok Proses Inisiasi Surat Jalan: Blok ini bertujuan mempersiapkan data pengiriman dengan menyinkronkan nomor PO dan detail barang dari penawaran terkait. Hasil utamanya adalah tersimpannya draf surat jalan yang lengkap dan siap untuk ditinjau.
- 2) Blok Proses Review & Persetujuan Surat Jalan: Blok ini berfokus pada pemeriksaan validitas draf surat jalan oleh Supervisor untuk memastikan kesesuaian data. Hasil utamanya adalah keputusan persetujuan yang memungkinkan proses berlanjut ke tahap pencetakan.
- 3) Blok Proses Finalisasi & Pencetakan Surat Jalan: Blok ini bertujuan menerbitkan dokumen fisik surat jalan berdasarkan data yang telah disetujui secara sistem. Hasilnya adalah fail surat jalan yang tercetak dan siap digunakan oleh tim logistik.



Gambar 3. 7 Blok proses dokumen surat jalan

3. Proses Bisnis 3: Dokumen *Invoice*

a. Cross Functional Flowchart sistem To-Be Dokumen *Invoice*

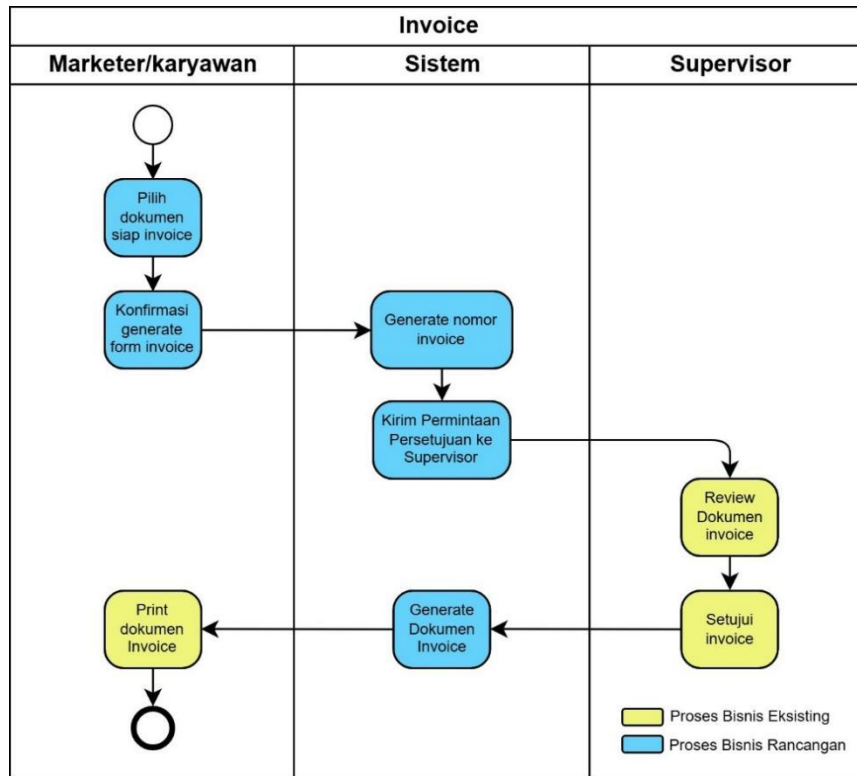
Diagram pada gambar 3.8 menggambarkan alur pembuatan dokumen *invoice* melibatkan aktor Marketer/Karyawan, Sistem, dan Supervisor. Proses dimulai saat Marketer memilih dokumen yang siap ditagihkan, diikuti oleh Sistem yang *generate* nomor *invoice* dan mengirimkan permintaan persetujuan kepada Supervisor. Setelah tinjauan dan persetujuan Supervisor, Sistem menerbitkan dokumen *invoice* final sebagai keluaran akhir untuk dicetak dan diserahkan ke pelanggan. Kotak kuning pada diagram menunjukkan langkah proses bisnis eksisting, dan kotak biru menggambarkan proses bisnis yang akan dibuat.

b. Blok Proses Sistem To-Be Dokumen *Invoice*

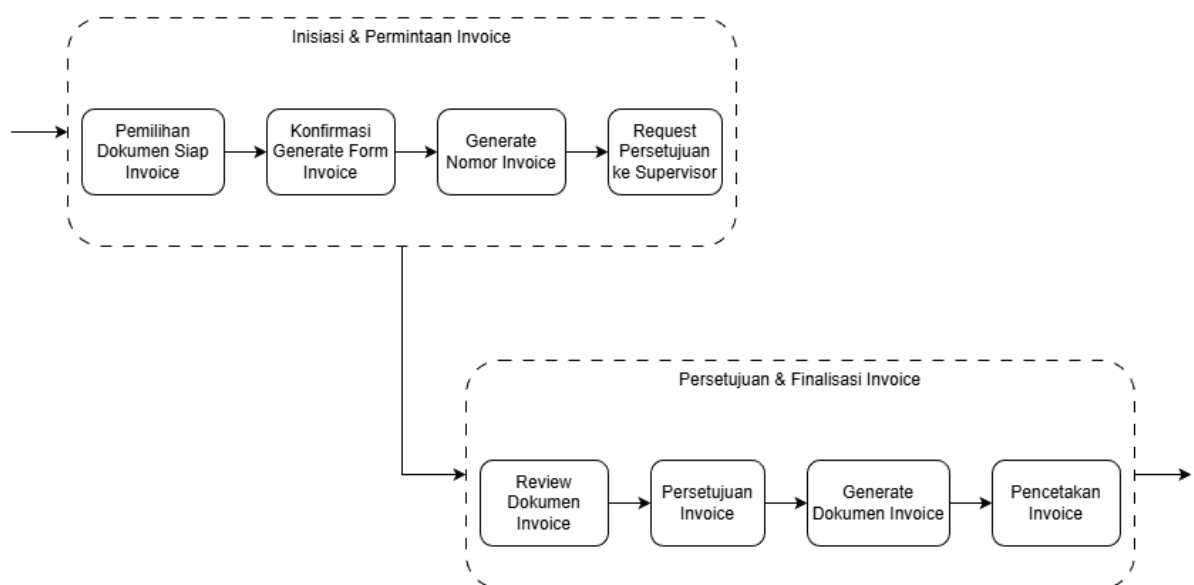
Berdasarkan Cross Functional Flowchart, proses sistem pada gambar 3.9 tentang pembuatan dokumen *invoice* dibagi menjadi blok-blok fungsional utama sebagai berikut:

- 1) Blok Proses Inisiasi Surat Jalan: Blok ini bertujuan mempersiapkan data pengiriman dengan menyinkronkan nomor PO dan detail barang dari penawaran terkait. Hasil utamanya adalah tersimpannya draf surat jalan yang lengkap dan siap untuk ditinjau.

- 2) Blok Proses Review & Persetujuan Surat Jalan: Blok ini berfokus pada pemeriksaan validitas draf surat jalan oleh Supervisor untuk memastikan kesesuaian data. Hasil utamanya adalah keputusan persetujuan yang memungkinkan proses berlanjut ke tahap pencetakan.
- 3) Blok Proses Finalisasi & Pencetakan Surat Jalan: Blok ini bertujuan menerbitkan dokumen fisik surat jalan berdasarkan data yang telah disetujui secara sistem. Hasilnya adalah fail surat jalan yang tercetak.



Gambar 3. 8 Cross functional flowchart to-be dokumen invoice



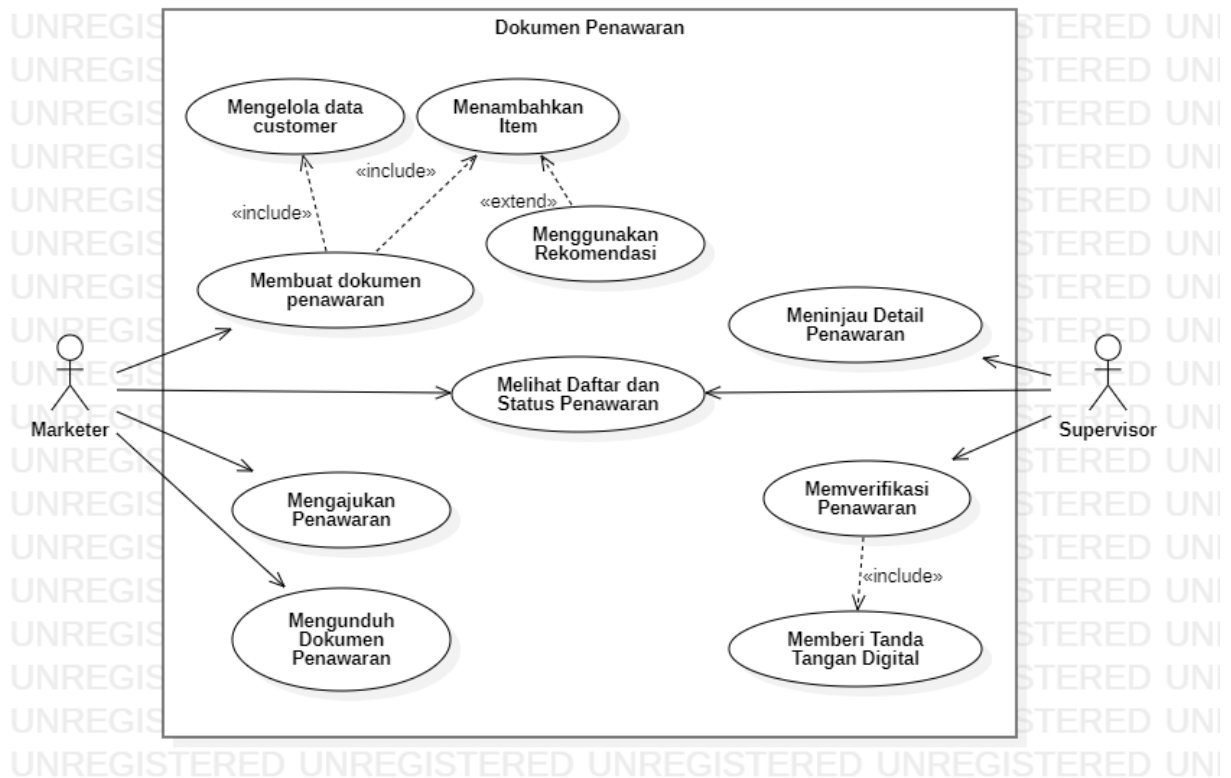
Gambar 3. 9 Blok proses dokumen invoice

3.4.3 Use Case

Berdasarkan analisis kebutuhan dan perancangan proses bisnis yang telah dilakukan, berikut adalah deskripsi detail dari use case yang akan diimplementasikan dalam sistem informasi penawaran dan pengelolaan dokumen customer pada CV. EKHABIMA:

1. Use Case Dokumen Penawaran

Aktor yang terlibat dalam proses pembuatan dokumen penawaran ada dua yaitu Marketer dan Supervisor dengan precondition bahwa masing masing user sudah login dengan role yang sesuai serta data pelanggan dan barang sudah tersedia di sistem. Alur deskripsi usecase pada gambar 3.10 dinyatakan sebagai berikut:



Gambar 3. 10 Use case diagram dokumen penawaran

1. Membuat Dokumen Penawaran:

Marketer memilih pelanggan dan menambahkan item ke dalam penawaran. Sistem secara otomatis menampilkan rekomendasi barang berbasis collaborative filtering sesuai kecocokan produk. Proses ini memungkinkan Marketer untuk memilih barang dari daftar rekomendasi atau menambahkan item secara manual. Marketer juga bisa menambahkan data pelanggan baru. Setelah selesai, Marketer dapat menyimpan sebagai draft atau mengajukan ke Supervisor.

2. Menggunakan Rekomendasi:

Saat memilih item pertama, sistem menampilkan daftar barang dari hasil rekomendasi. Rekomendasi ini dihasilkan berdasarkan collaborative filtering dari perhitungan *item collaborative* mempertimbangkan kategori dominan.

3. Memverifikasi Penawaran:

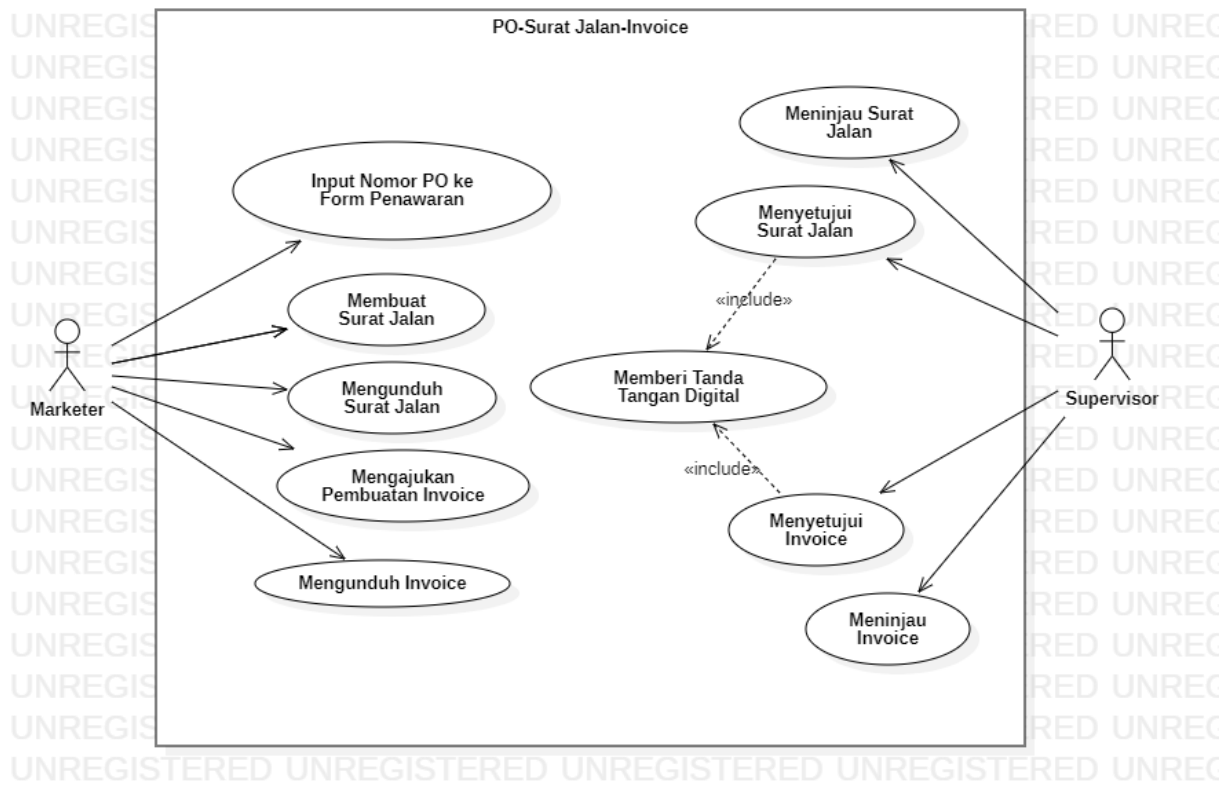
Supervisor menerima notifikasi penawaran yang perlu disetujui. Setelah memeriksa detail penawaran dan rekomendasi yang digunakan, Supervisor dapat menyetujui atau menolak dengan memberikan komentar. Jika disetujui, sistem secara otomatis menambahkan tanda tangan digital ke dokumen.

4. Mengunduh Dokumen Penawaran:

Setelah disetujui, Marketer dapat mengunduh dokumen penawaran dalam format PDF dengan tanda tangan digital yang sudah terintegrasi. Dokumen ini siap dikirim ke pelanggan

2. Use Case Proses PO, Surat Jalan dan Invoice

Aktor yang terlibat dalam proses pembuatan dokumen penawaran ada dua yaitu Marketer dan Supervisor dengan precondition bahwa dokumen penawaran sudah disetujui dan PO dari pelanggan sudah diterima. Alur deskripsi usecase pada gambar 3.11 dinyatakan sebagai berikut:



Gambar 3. 11 Use case diagram surat jalan dan invoice

1. **Input Nomor PO ke Form Penawaran:**
Marketer memasukkan nomor PO, sistem kemudian mencocokkan dengan penawaran yang telah disetujui dan marketer dapat menyesuaikan kuantitas barang atau harga sesuai permintaan. Proses ini memungkinkan sinkronisasi antara PO dan penawaran sebagai dasar untuk pembuatan surat jalan dan invoice.
2. **Membuat Surat Jalan:**
Berdasarkan penawaran yang telah disetujui dan PO yang terhubung, Marketer dapat membuat surat jalan dengan memasukkan informasi tambahan seperti jenis ekspedisi dan biaya. Sistem secara otomatis mengambil detail barang dari penawaran.
3. **Menyetujui Surat Jalan:**
Supervisor menerima permintaan persetujuan surat jalan, memeriksa keakuratan data pengiriman, dan memberikan persetujuan. Jika disetujui, sistem menambahkan tanda tangan digital dan mengubah status menjadi "Disetujui".
4. **Mengajukan Pembuatan Invoice:**
Setelah surat jalan disetujui, Marketer dapat mengajukan pembuatan invoice. Sistem secara otomatis menghitung total tagihan berdasarkan data yang tersedia dari penawaran dan surat jalan.

5. Menyetujui Invoice:

Supervisor meninjau invoice yang diajukan, memastikan keakuratan data tagihan, dan memberikan persetujuan akhir. Sistem kemudian menghasilkan invoice final dengan tanda tangan digital.

3.4.4 Arsitektur Aplikasi

Sistem informasi penawaran dan pengelolaan dokumen customer pada CV. EKHABIMA dirancang menggunakan arsitektur Monolithic Modular dengan pendekatan Layered Architecture yang diimplementasikan menggunakan framework Laravel. Pemilihan arsitektur ini didasarkan pada kebutuhan sistem yang terintegrasi namun tetap memerlukan pemisahan tanggung jawab yang jelas untuk mendukung kemudahan pengembangan dan pemeliharaan, sesuai dengan karakteristik bisnis CV. EKHABIMA yang beroperasi pada lingkungan jaringan lokal. Pendekatan layered dipilih karena mampu mengakomodasi kompleksitas bisnis yang meliputi integrasi sistem rekomendasi berbasis collaborative filtering, mekanisme approval digital, serta sinkronisasi dokumen berbasis nomor Purchase Order (PO), tanpa menambah kompleksitas arsitektur yang tidak diperlukan.

Arsitektur sistem terdiri dari empat layer utama yang saling berinteraksi secara terstruktur. Presentation Layer bertanggung jawab atas antarmuka pengguna dan penyajian data, diimplementasikan menggunakan Blade templating engine Laravel dengan komponen Livewire untuk mendukung interaktivitas dinamis. Layer ini dirancang untuk menyediakan tampilan yang responsif dan familiar bagi pengguna non-teknis (Marketer dan Supervisor), dengan desain antarmuka menyerupai format Excel atau formulir konvensional, sesuai dengan kebutuhan non-fungsional NF5 dalam proposal.

Application Layer berperan sebagai koordinator alur bisnis dan implementasi use case sistem. Layer ini mengelola permintaan pengguna melalui controller Laravel dan service container, serta mengoordinasikan proses-proses seperti sinkronisasi dokumen berbasis PO, alur approval digital, dan pemanggilan layanan rekomendasi collaborative filtering sesuai kebutuhan fungsional F2, F3, dan F5 dalam proposal. Application Layer berinteraksi dengan sistem rekomendasi melalui abstraksi service, sehingga detail teknis implementasi tidak tersebar ke lapisan lain.

Domain/Business Layer berisi logika bisnis inti sistem yang merepresentasikan aturan dan kebijakan operasional CV. EKHABIMA. Layer ini mencakup entitas utama seperti Customer, Product, Quotation, dan PurchaseOrder, serta domain service yang mengimplementasikan aturan bisnis seperti validasi dokumen, mekanisme approval berjenjang, dan penentuan kondisi kapan rekomendasi berbasis collaborative filtering digunakan dalam proses penawaran. Domain/Business Layer dirancang untuk meminimalkan ketergantungan langsung terhadap framework dengan memusatkan logika bisnis inti pada domain service, meskipun implementasinya tetap memanfaatkan fasilitas Laravel untuk efisiensi pengembangan.

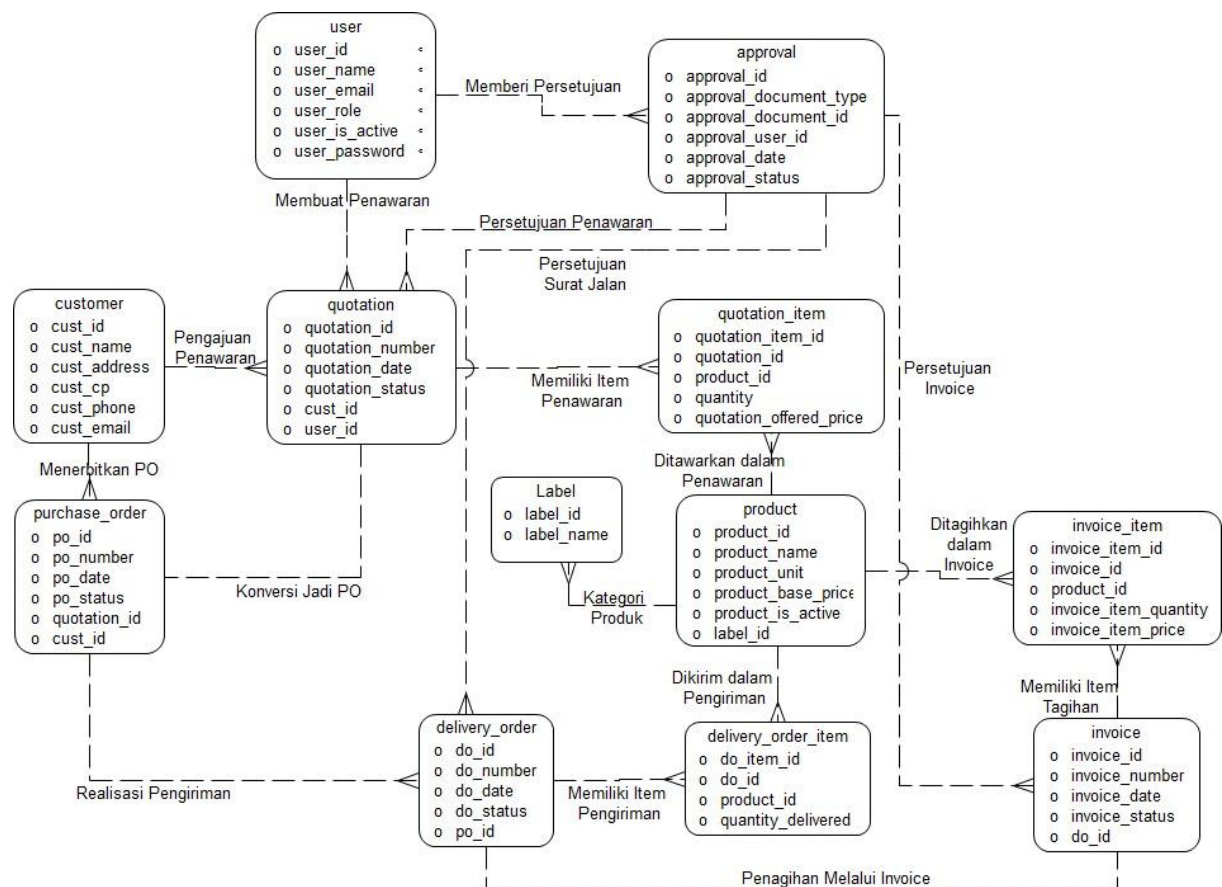
Infrastructure Layer menangani aspek teknis dan integrasi eksternal sistem, meliputi akses database melalui Eloquent ORM Laravel, penyimpanan dan pengelolaan dokumen digital dalam format PDF, implementasi tanda tangan digital. Layer ini juga mengelola mekanisme autentikasi dan otorisasi pengguna berbasis peran (Marketer dan Supervisor) sesuai dengan kebutuhan keamanan NF3 dalam proposal. Seluruh detail teknis dan dependensi eksternal dikapsulasi pada layer ini untuk menjaga keterpisahan dengan logika bisnis inti.

Penerapan arsitektur Monolithic Modular dengan pendekatan layered ini dipilih karena mampu memenuhi seluruh kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang telah diidentifikasi, khususnya terkait responsivitas sistem (NF1) dengan waktu respons rekomendasi ≤ 2 detik serta kemudahan penggunaan (NF5) bagi pengguna non-teknis. Dengan struktur modular dalam satu

kesatuan aplikasi monolitik, sistem memungkinkan pengembangan dan pengujian komponen secara terpisah secara logis termasuk modul rekomendasi collaborative filtering tanpa mengganggu stabilitas komponen inti lainnya, serta tetap selaras dengan metodologi pengembangan yang ditetapkan dalam proposal.

3.4.5 Perancangan Basis Data

Conceptual Data Model (CDM) yang dirancang untuk sistem informasi penawaran dan pengelolaan dokumen customer pada CV. EKHABIMA bertujuan untuk merepresentasikan struktur data secara abstrak yang merefleksikan proses bisnis inti perusahaan. Model ini disusun pada level konseptual untuk memastikan fokus pada entitas dan relasi yang relevan dengan alur kerja bisnis, termasuk pengelolaan data customer, pembuatan penawaran, penerimaan purchase order, pembuatan surat jalan, penerbitan invoice, dan proses approval berjenjang. Gambaran Conceptual Data Model (CDM) secara menyeluruh ada pada gambar 3.12.



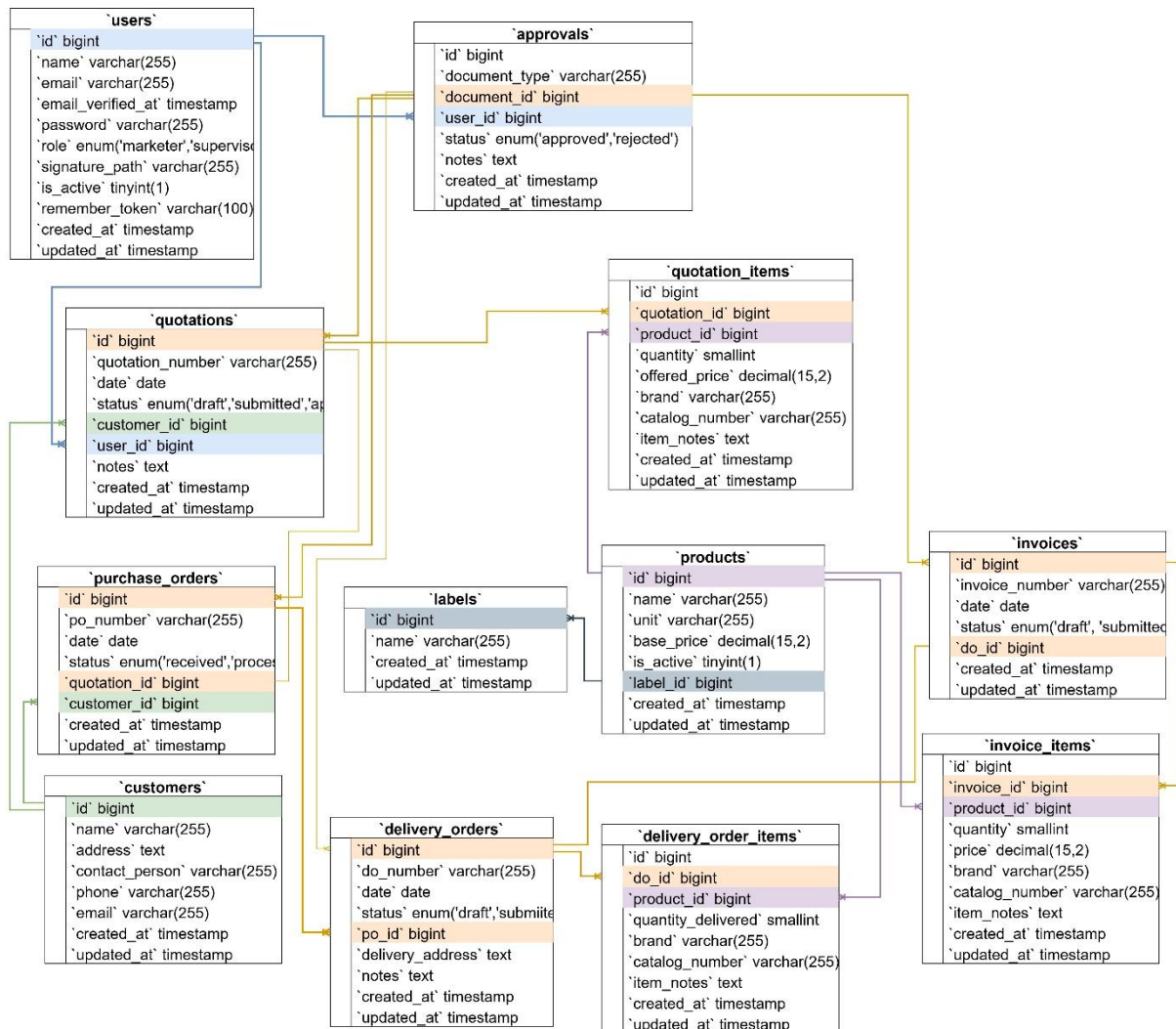
Gambar 3. 12 Conceptual data model sistem

CDM ini terdiri dari dua belas entitas utama yang saling berelasi:

- User: merepresentasikan pengguna sistem dengan peran Marketer, Supervisor, dan Admin
- Customer: entitas pelanggan yang menjadi penerima penawaran
- Product: katalog barang yang ditawarkan perusahaan
- Label: kategori produk untuk klasifikasi barang
- Quotation & QuotationItem: dokumen penawaran dan detail barangnya
- PurchaseOrder: dokumen PO dari pelanggan
- DeliveryOrder & DeliveryOrderItem: surat jalan dan detail pengiriman
- Invoice & InvoiceItem: dokumen tagihan dan detail itemnya

- Approval: entitas yang merekam seluruh aktivitas persetujuan dokumen

Physical Data Model (PDM) pada gambar 3.13 merupakan implementasi teknis dari CDM yang mendefinisikan struktur tabel database secara detail dengan tipe data, primary key, foreign key, dan relasi antar tabel. PDM ini dirancang untuk mendukung implementasi sistem menggunakan database MySQL dengan framework Laravel.



Gambar 3. 13 Physical Data Model Database

Masing masing tabel memiliki tipe data yang akan dijelaskan sebagai berikut:

- Tipe Data User dijelaskan di tabel 3.9:

Tabel 3. 9 Tipe Data User

Atribut	Tipe Data	Keterangan
user_id	INT (PK)	Primary key
user_name	VARCHAR(255)	Nama lengkap
user_email	VARCHAR(255)	Email untuk login
user_role	ENUM('marketer','supervisor','admin')	Role user
user_password	VARCHAR(255)	Menyimpan password dengan hash
user_signature	VARCHAR(255)	Untuk menyimpan direktori file gambar tanda tangan

user is active	BOOLEAN	Status aktif
----------------	---------	--------------

b. Tipe Data customer dijelaskan di tabel 3.10:

Tabel 3. 10 Tipe Data Customer

Atribut	Tipe Data	Keterangan
cust_id	INT (PK)	Primary key
cust_name	VARCHAR(255)	Nama customer
cust_address	TEXT	Alamat
cust_cp	VARCHAR(255)	Contact person
cust_phone	VARCHAR(255)	Nomor telepon
cust_email	VARCHAR(255)	Email

c. Tipe Data product dijelaskan di tabel 3.11:

Tabel 3. 11 Tipe Data Product

Atribut	Tipe Data	Keterangan
product_id	INT (PK)	Primary key
product_name	VARCHAR(255)	Nama produk
product_unit	VARCHAR(255)	Satuan (Kg, Pcs, Box)
product base price	DECIMAL(15,2)	Harga dasar
product is active	BOOLEAN	Status produk
label_id	INT (FK)	Id kategori label

d. Tipe Data quotation dijelaskan di tabel 3.12:

Tabel 3. 12 Tipe Data Quotation

Atribut	Tipe Data	Keterangan
quotation id	INT (PK)	Primary key
quotation number	VARCHAR(255)	Nomor penawaran
quotation date	DATE	Tanggal penawaran
quotation status	ENUM('draft','submitted','approved','rejected')	Status
cust_id	INT (FK)	Relasi ke customer
user_id	INT (FK)	Dibuat oleh user
quotation notes	TEXT	Catatan di penawaran

e. Tipe Data quotation_item dijelaskan di tabel 3.13:

Tabel 3. 13 Tipe Data Quotation Item

Atribut	Tipe Data	Keterangan
quotation item id	INT (PK)	Primary key
quotation id	INT (FK)	Relasi ke quotation
product_id	INT (FK)	Produk
quantity	INT	Jumlah
quotation offered price	DECIMAL(15,2)	Harga penawaran
brand	VARCHAR(255)	Input nama brand ke produk
catalog_number	VARCHAR(255)	Input nomor katalog ke produk
notes	TEXT	Catatan untuk tiap produk bisa berupa spesifikasi

f. Tipe Data purchase_order dijelaskan di tabel 3.14:

Tabel 3. 14 Tipe Data Purchase Order

Atribut	Tipe Data	Keterangan
po_id	INT (PK)	Primary key
po_number	VARCHAR(255)	Nomor PO
po_date	DATE	Tanggal PO
po_status	ENUM('received','processed','completed')	Status PO
quotation_id	INT (FK)	Asal penawaran
cust_id	INT (FK)	Customer

g. Tipe Data delivery_order dijelaskan di tabel 3.15:

Tabel 3. 15 Tipe Data Delivery Order

Atribut	Tipe Data	Keterangan
do_id	INT (PK)	Primary key
do_number	VARCHAR(255)	Nomor surat jalan
do_date	DATE	Tanggal pengiriman
do_status	ENUM('draft','submmited','approved')	Status
do_delivery_address	TEXT	Alamat pengiriman
do_notes	TEXT	Catatan PO
po_id	INT (FK)	Relasi ke PO

h. Tipe Data delivery_order_item dijelaskan di tabel 3.16:

Tabel 3. 16 Tipe Data Delivery Order Item

Atribut	Tipe Data	Keterangan
do_item_id	INT (PK)	Primary key
do_id	INT (FK)	Surat jalan
product_id	INT (FK)	Produk
quantity delivered	INT	Jumlah dikirim
do_item brand	VARCHAR(255)	Brand dari produk
do_item catalog number	VARCHAR(255)	Nomor katalog produk
do_item notes	TEXT	Catatan produk

i. Tipe Data invoice dijelaskan di tabel 3.17:

Tabel 3. 17 Tipe Data Invoice

Atribut	Tipe Data	Keterangan
invoice_id	INT (PK)	Primary key
invoice_number	VARCHAR(255)	Nomor invoice
invoice_date	DATE	Tanggal invoice
invoice_status	ENUM('draft','submitted','issued','paid')	Status
do_id	INT (FK)	Berdasarkan surat jalan

j. Tipe Data invoice_item dijelaskan di tabel 3.18:

Tabel 3. 18 Tipe Data Invoice Item

Atribut	Tipe Data	Keterangan
invoice_item_id	INT (PK)	Primary key
invoice_id	INT (FK)	Relasi ke invoice
product_id	INT (FK)	Produk
invoice_item_quantity	INT	Jumlah
invoice_item_price	DECIMAL(15,2)	Harga satuan
invoice_item_brand	VARCHAR(255)	Brand dari produk
invoice_item_catalog_number	VARCHAR(255)	Nomor katalog produk
invoice_item_notes	TEXT	Catatan produk

k. Tipe Data approval dijelaskan di tabel 3.19:

Tabel 3. 19 Tipe Data Approval

Atribut	Tipe Data	Keterangan
approval_id	INT (PK)	Primary key
approval_document_type	VARCHAR(255)	Jenis dokumen
approval_document_id	INT (FK)	ID dokumen terkait
approval_user_id	INT (FK)	User pemberi approval
approval_note	TEXT	catatan
approval_date	DATETIME	Waktu persetujuan
approval_status	ENUM('approved','rejected')	Status

l. Tipe Data Label dijelaskan di tabel 3.20

Tabel 3. 20 Tipe Data Label

Atribut	Tipe Data	Keterangan
label_id	INT (PK)	Id label kategori
label_name	VARCHAR (255)	Nama kategori label

Dari gambar 3.12, berikut ini dijelaskan masing-masing entitas yang membentuk Conceptual Data Model (CDM) beserta peran dan keterkaitannya dalam mendukung proses bisnis sistem:

- A. Customer di tabel 3.10 merepresentasikan entitas pelanggan yang menjadi penerima penawaran dan pengirim purchase order. Sebagai entitas kunci dalam proses bisnis, Customer menjadi titik awal dari seluruh alur transaksi yang terjadi di CV. EKHABIMA. Setiap Customer memiliki identitas unik yang menjadi penghubung dengan seluruh dokumen transaksi yang terkait.
- B. Product di tabel 3.11 merepresentasikan katalog barang yang ditawarkan oleh CV. EKHABIMA. Entitas ini mencakup informasi produk yang diperlukan untuk proses penawaran, pengiriman, dan penagihan. Product menjadi entitas sentral yang terkait dengan berbagai dokumen transaksi melalui entitas item yang sesuai.
- C. Label di tabel 3.20 merepresentasikan kategori produk yang terhubung langsung dengan karakteristik produk. Entitas ini berfungsi sebagai faktor dalam perhitungan rekomendasi produk.
- D. User di tabel 3.9 merepresentasikan pengguna sistem dengan peran khusus (Marketer, Supervisor, Admin). Entitas ini menjadi aktor utama dalam proses pembuatan dokumen dan pemberian persetujuan, serta menjadi penghubung antara aktivitas manusia dengan sistem informasi yang dikembangkan.

- E. Quotation di tabel 3.12 sebagai entitas utama merepresentasikan dokumen penawaran yang dibuat oleh Marketer untuk pelanggan. Quotation berisi informasi umum seperti nomor penawaran, tanggal, status, dan identitas pelanggan serta pembuatnya. Quotation memiliki hubungan langsung dengan Customer melalui relasi "Mengajukan Penawaran" dengan kardinalitas one-to-many, menunjukkan bahwa satu pelanggan dapat memiliki banyak penawaran.
- F. QuotationItem di tabel 3.13 merepresentasikan detail barang dalam setiap penawaran. Pemisahan Quotation dan QuotationItem memungkinkan sistem merekam berbagai item dalam satu dokumen penawaran tanpa redundansi data. Relasi "Memiliki_Item_Penawaran" dengan kardinalitas one-to-many memastikan bahwa satu penawaran dapat terdiri dari banyak item barang.
- G. PurchaseOrder di tabel 3.14 merepresentasikan dokumen purchase order yang diterima dari pelanggan. Entitas ini terhubung dengan Quotation melalui relasi "Dikonversi_Menjadi_PO" dengan kardinalitas one-to-one, menunjukkan bahwa setiap penawaran yang disetujui dapat dikonversi menjadi satu PO. PurchaseOrder juga memiliki relasi "Menerbitkan_PO" dengan Customer, menunjukkan bahwa satu pelanggan dapat mengirimkan banyak PO.
- H. DeliveryOrder di tabel 3.15 merepresentasikan dokumen surat jalan yang berisi informasi pengiriman barang. DeliveryOrder memiliki relasi "Direalisasikan_Melalui_Pengiriman" dengan PurchaseOrder, menunjukkan bahwa satu PO dapat direalisasikan melalui satu atau lebih surat jalan sesuai dengan kebutuhan pengiriman.
- I. DeliveryOrderItem di tabel 3.16 merepresentasikan detail barang dalam setiap surat jalan, Pemisahan DeliveryOrder dan DeliveryOrderItem memungkinkan sistem merekam berbagai item dalam satu dokumen surat jalan tanpa redundansi data. Relasi "Memiliki_Item_Surat_Jalan" dengan kardinalitas one-to-many memastikan bahwa satu surat jalan dapat terdiri dari banyak item barang.
- J. Invoice di tabel 3.17 merepresentasikan dokumen tagihan yang diterbitkan berdasarkan pengiriman barang. Invoice terhubung dengan DeliveryOrder melalui relasi "Ditagihkan_Melalui_Invoice" dengan kardinalitas one-to-one, menunjukkan bahwa setiap pengiriman barang menghasilkan satu invoice.
- K. InvoiceItem di tabel 3.18 merepresentasikan detail barang dalam setiap invoice, Pemisahan Invoice dan InvoiceItem memungkinkan sistem merekam berbagai item dalam satu dokumen invoice tanpa redundansi data. Relasi "Memiliki_Item_Invoice" dengan kardinalitas one-to-many memastikan bahwa satu invoice dapat terdiri dari banyak item barang.

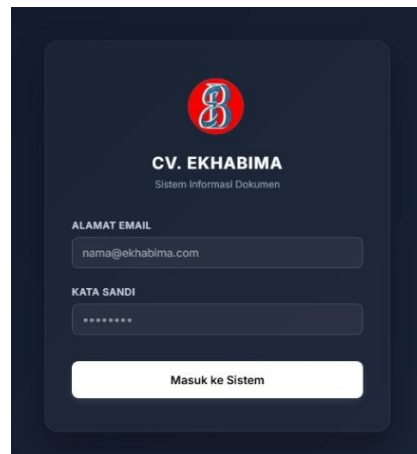
Pemisahan entitas dokumen menjadi entitas utama dan entitas item (Quotation-QuotationItem, DeliveryOrder-DeliveryOrderItem, Invoice-InvoiceItem) dilakukan untuk memenuhi prinsip normalisasi data, sekaligus merefleksikan struktur dokumen bisnis yang sebenarnya. Pendekatan ini memungkinkan sistem merekam detail transaksi dengan efisien tanpa redundansi, sekaligus mempertahankan integritas data antar dokumen yang terkait dalam alur bisnis.

- L. Approval di tabel 3.19 berperan sebagai entitas yang merekam seluruh aktivitas persetujuan dalam sistem. Approval tidak terkait langsung dengan satu jenis dokumen tertentu, melainkan mendukung berbagai proses persetujuan melalui tiga relasi berbeda: "Persetujuan_Penawaran" dengan Quotation, "Persetujuan_Surat_Jalan" dengan DeliveryOrder, dan "Persetujuan_Invoice" dengan Invoice. Hal ini merefleksikan proses approval berjenjang yang menjadi kebutuhan fungsional F2 dalam proposal, di mana setiap jenis dokumen memerlukan persetujuan terpisah.

3.4.6 Desain Antarmuka

1. Login

Halaman login di gambar 3.14 menyediakan form autentikasi bagi pengguna untuk mengakses sistem dengan memasukkan username dan password yang telah terdaftar.

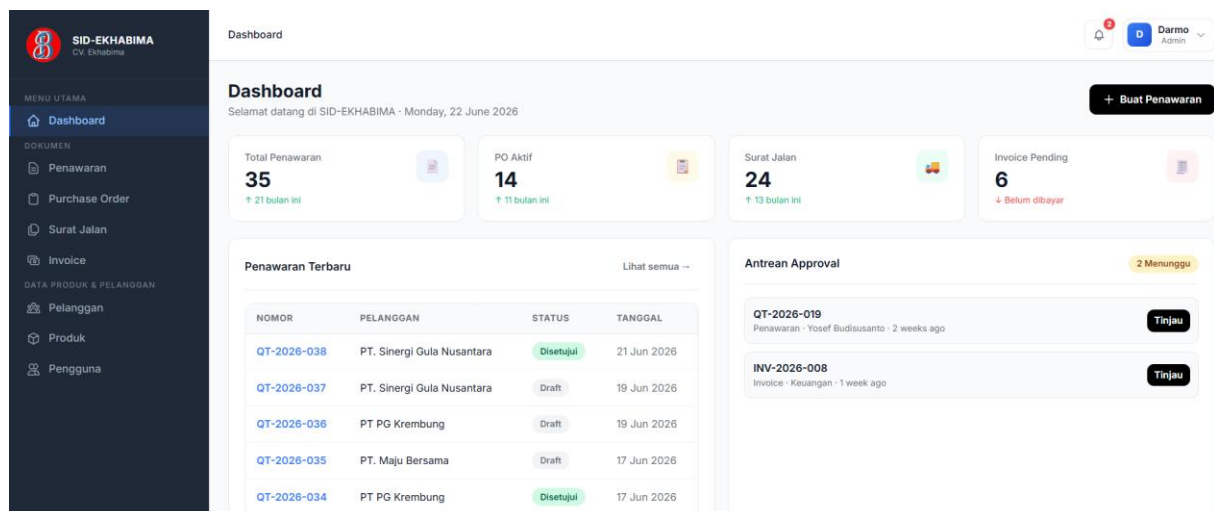


Gambar 3. 14 Tampilan Login

2. Dashboard

a. Administrator

Dashboard administrator di gambar 3.15 menampilkan ringkasan statistik sistem dan menu pengelolaan master data serta manajemen pengguna.



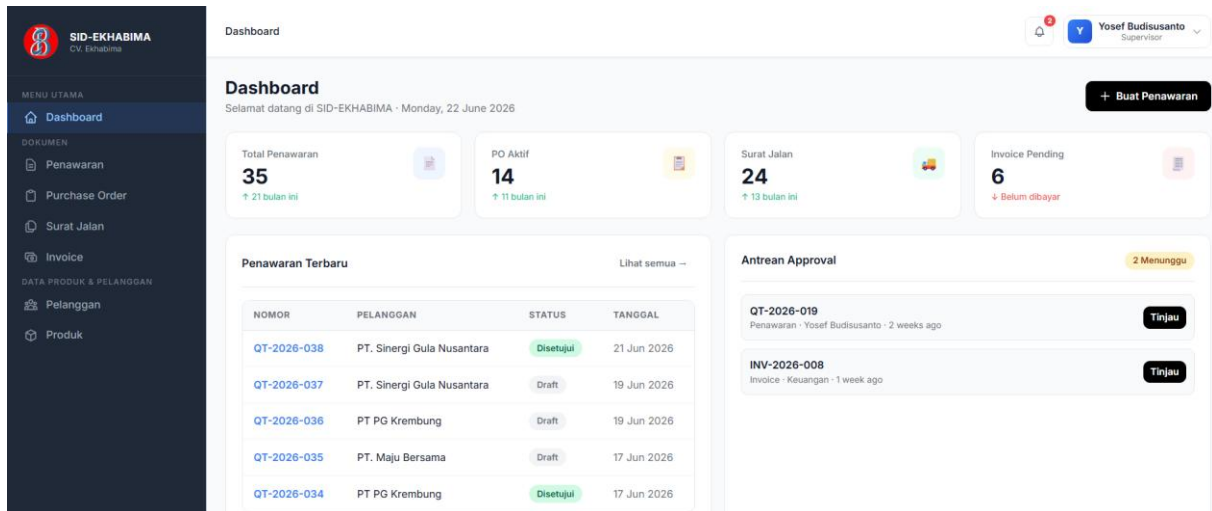
NOMOR	PELANGGAN	STATUS	TANGGAL
QT-2026-038	PT. Sinergi Gula Nusantara	Disetujui	21 Jun 2026
QT-2026-037	PT. Sinergi Gula Nusantara	Draft	19 Jun 2026
QT-2026-036	PT PG Krembung	Draft	19 Jun 2026
QT-2026-035	PT. Maju Bersama	Draft	17 Jun 2026
QT-2026-034	PT PG Krembung	Disetujui	17 Jun 2026

Antrean Approval	Aksi
QT-2026-019 Penawaran - Yosef Budisusanto - 2 weeks ago	Tinjau
INV-2026-008 Invoice - Keuangan - 1 week ago	Tinjau

Gambar 3. 15 Dashboard Administrator

b. Supervisor

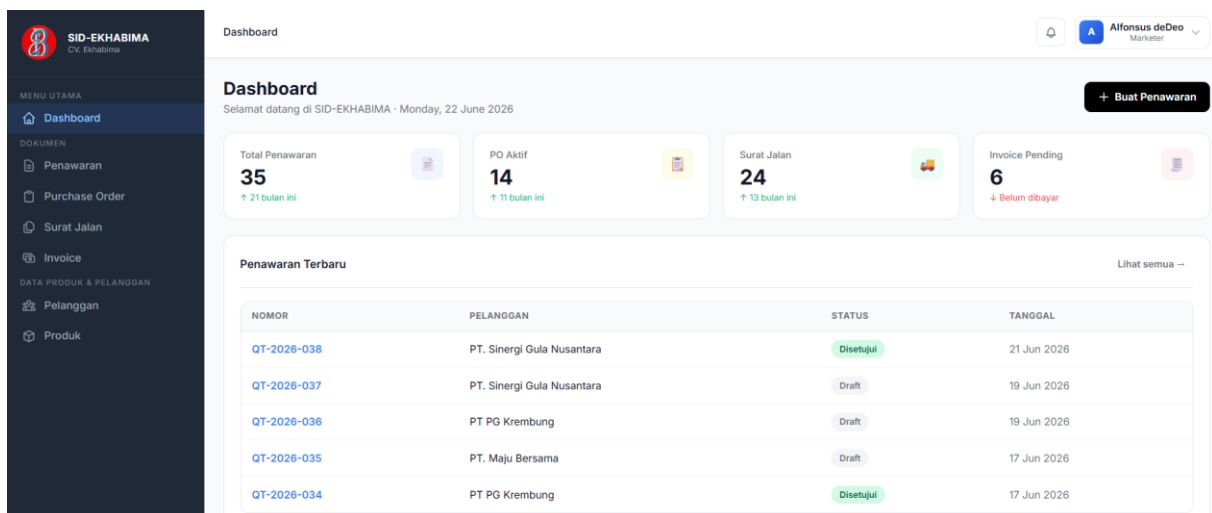
Dashboard supervisor di gambar 3.16 menampilkan antrean dokumen yang menunggu persetujuan dan ringkasan status dokumen penawaran, surat jalan, dan invoice.



Gambar 3. 16 Dashboard Supervisor

c. Marketer/karyawan

Dashboard marketer di gambar 3.17 menampilkan menu utama untuk pembuatan dokumen penawaran, purchase order, surat jalan, dan invoice.



Gambar 3. 17 Dashboard Marketer/Karyawan

3. Form Pembuatan Penawaran

Form pembuatan penawaran di gambar 3.18 menyediakan interface untuk memilih pelanggan, menambahkan item produk, dan melihat rekomendasi produk berbasis collaborative filtering.

Buat Dokumen Penawaran Baru
Isi detail penawaran dan tambahkan item produk

Informasi Dokumen

NOMOR PENAWARAN: QT-2026-039 (Auto-generated)

TANGGAL PENAWARAN: 06/22/2026

PELANGGAN: — Pilih Pelanggan —

Item Penawaran

NO	PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA PENAWARAN	SUBTOTAL
1	— Pilih Produk — Spesifikasi / catatan produk...	—	—	—	1	0	0

+ Tambah Baris

CATATAN
Catatan tambahan untuk penawaran ini...

Subtotal: Rp 0
PPN 11%: Rp 0
Grand Total: Rp 0

— Batal Simpan Draft

Gambar 3. 18 Antarmuka pembuatan form penawaran

4. Form Tampilan Penawaran

Halaman tampilan penawaran di gambar 3.19 menampilkan detail dokumen penawaran lengkap dengan daftar item, harga, total nilai, dan status approval.

QT-2026-034
Dibuat oleh Yosef Budisusanto - 17 June 2026

Informasi Dokumen

NOMOR PENAWARAN: QT-2026-034

TANGGAL: 17 June 2026

PELANGGAN: PT PG Krembung
CP: Supardi
01821841221 - supardi@krembung.com
Candi baru no 1, candi, jatim, sidoarjo

Ringkasan Biaya

Subtotal: Rp 650.000
PPN 11%: Rp 71.500
Grand Total: Rp 721.500

Item Penawaran

NO	PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA	SUBTOTAL
1	Alfa Test Sieve Mesh 4 (4,75 mm)	pcs	—	—	1,00	Rp 650.000	Rp 650.000

Status Dokumen

- ✓ Draft dibuat
- ✓ Dikirim ke Supervisor
- ✓ Disetujui

Riwayat Approval

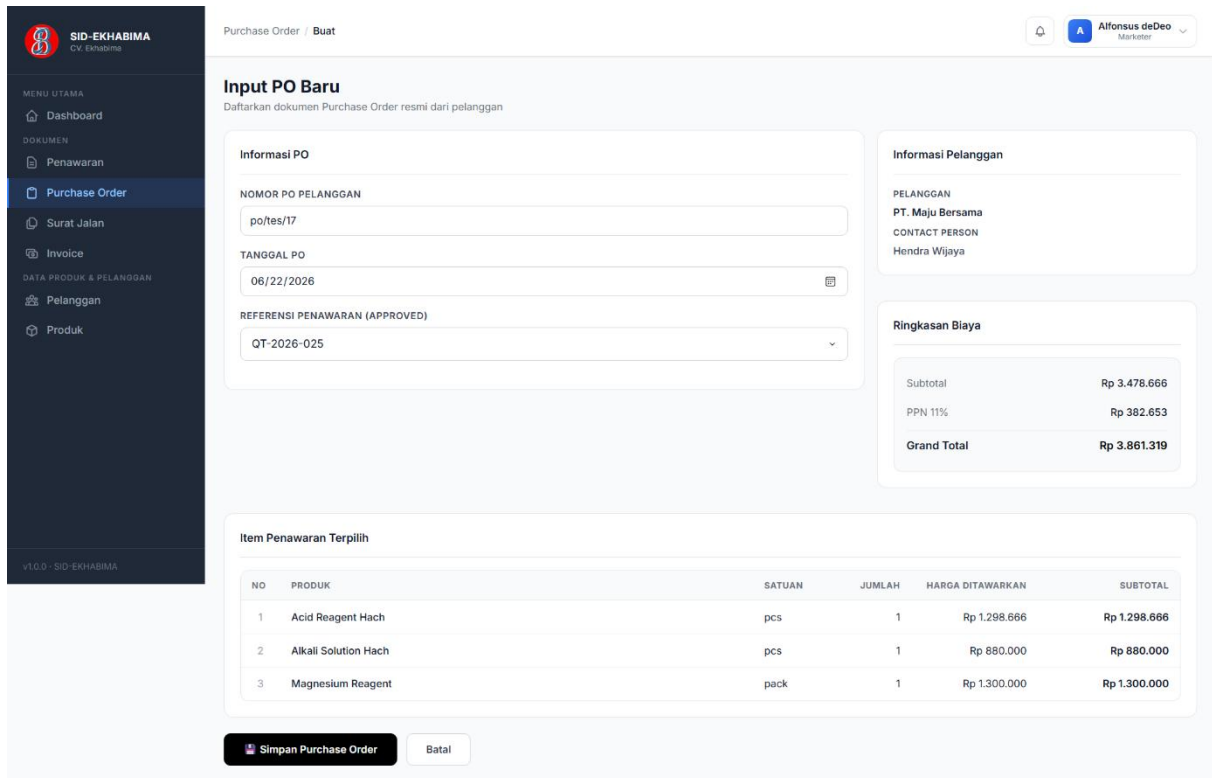
✓ Disetujui oleh Yosef Budisusanto
19 Jun 2026, 14:32

— Kembali ke Daftar Penawaran

Gambar 3. 19 Antarmuka Tampilan Penawaran

5. Form Input Purchase Order

Form input purchase order yang ada di gambar 3.20 memungkinkan marketer untuk menghubungkan PO pelanggan dengan penawaran yang telah disetujui.



Purchase Order / Buat

Input PO Baru

Daftarkan dokumen Purchase Order resmi dari pelanggan

Informasi PO

NOMOR PO PELANGGAN

po/tes/17

TANGGAL PO

06/22/2026

REFERENSI PENAWARAN (APPROVED)

QT-2026-025

Informasi Pelanggan

PELANGGAN

PT. Maju Bersama

CONTACT PERSON

Hendra Wijaya

Ringkasan Biaya

Subtotal	Rp 3.478.666
PPN 11%	Rp 382.653
Grand Total	Rp 3.861.319

Item Penawaran Terpilih

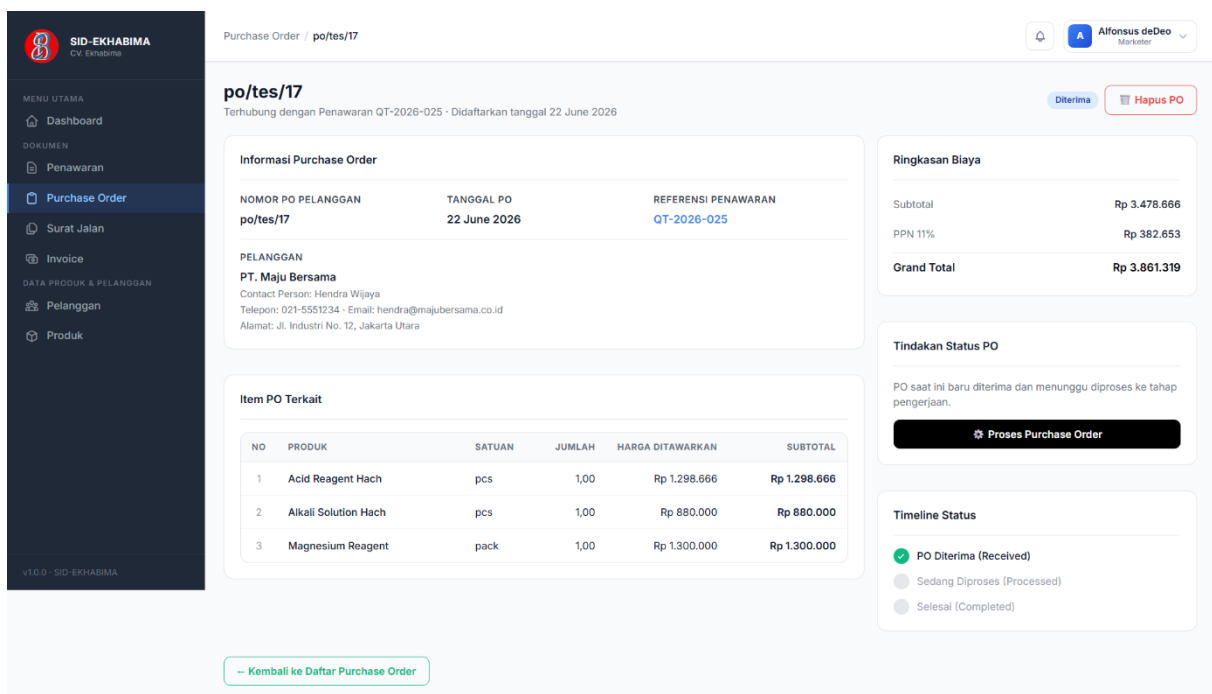
NO	PRODUK	SATUAN	JUMLAH	HARGA DITAWARKAN	SUBTOTAL
1	Acid Reagent Hach	pcs	1	Rp 1.298.666	Rp 1.298.666
2	Alkali Solution Hach	pcs	1	Rp 880.000	Rp 880.000
3	Magnesium Reagent	pack	1	Rp 1.300.000	Rp 1.300.000

[Simpan Purchase Order](#)
[Batal](#)

Gambar 3. 20 Antarmuka Input Purchase Order

6. Form Tampilan Purchase Order

Halaman tampilan purchase order di gambar 3.21 menunjukkan informasi PO lengkap dengan referensi penawaran dan detail item yang dipesan pelanggan.



Purchase Order / po/tes/17

po/tes/17

Terhubung dengan Penawaran QT-2026-025 - Didaftarkan tanggal 22 June 2026

Informasi Purchase Order

NOMOR PO PELANGGAN	TANGGAL PO	REFERENSI PENAWARAN
po/tes/17	22 June 2026	QT-2026-025

PELANGGAN

PT. Maju Bersama

Contact Person: Hendra Wijaya

Telepon: 021-5551234 - Email: hendra@majubersama.co.id

Alamat: Jl. Industri No. 12, Jakarta Utara

Ringkasan Biaya

Subtotal	Rp 3.478.666
PPN 11%	Rp 382.653
Grand Total	Rp 3.861.319

Tindakan Status PO

PO saat ini baru diterima dan menunggu diproses ke tahap pengerjaan.

[Proses Purchase Order](#)

Timeline Status

- ☒ PO Diterima (Received)
- ☐ Sedang Diproses (Processed)
- ☐ Selesai (Completed)

Gambar 3. 21 Antarmuka Tampilan Purchase Order

7. Form Pembuatan Surat Jalan

Form pembuatan surat jalan pada gambar 3.22 digunakan untuk membuat dokumen pengiriman berdasarkan purchase order yang telah diproses.

Buat Surat Jalan
Terbitkan Surat Jalan pengiriman barang berdasarkan referensi Purchase Order

Header Surat Jalan

NOMOR SURAT JALAN (AUTO): SJ-2026-027
TANGGAL PENGIRIMAN: 06/22/2026
REFERENSI PO: po/tes/17

Data Pelanggan (Read-only)

NAMA PELANGGAN: PT. Maju Bersama
CONTACT PERSON: Hendra Wijaya
TELEPON: 021-5551234

Alamat Pengiriman

ALAMAT TUJUAN PENGIRIMAN: Jl. Industri No. 12, Jakarta Utara

Tabel Item Pengiriman

NO	PRODUK / BARANG	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	DIPESAN	SDH DIKIRIM	SISA	JUMLAH DIKIRIM BARU
1	Acid Reagent Hach	pcs	merck	—	1	0	1	1
2	Alkali Solution Hach	pcs	Sanyo	—	1	0	1	1
3	Magnesium Reagent	pack	PI	—	1	0	1	1

Catatan & Aksi

CATATAN TAMBAHAN (OPSIONAL)
Tulis instruksi khusus pengiriman atau catatan logistik...

Gambar 3. 22 Antarmuka Pembuatan Surat Jalan

8. Form Tampilan Surat Jalan

Halaman tampilan surat jalan pada gambar 3.23 menampilkan dokumen pengiriman lengkap dengan detail barang, tujuan, dan informasi ekspedisi.


SID-EKHABIMA
CV. EKHABIMA

Surat Jalan / SJ-2026-027



Alfonsus deDeo
Marketer

MENU UTAMA

- Dashboard
- DOKUMEN
- Penawaran
- Purchase Order
- Surat Jalan**
- Invoice
- DATA PRODUK & PELANGGAN
- Pelanggan
- Produk

v1.0.0 - SID-EKHABIMA

SJ-2026-027

Diterbitkan tanggal 22 June 2026

Menunggu

Download Surat Jalan (PDF)

Informasi Surat Jalan

NOMOR SURAT JALAN	TANGGAL PENGIRIMAN	REFERENSI PURCHASE ORDER
SJ-2026-027	22 June 2026	po/tes/17

PELANGGAN

PT. Maju Bersama
Contact Person: Hendra Wijaya
Telepon: 021-5551234 - Email: hendra@majubersama.co.id
Alamat: Jl. Industri No. 12, Jakarta Utara

Logistik & Catatan Pengiriman

ALAMAT PENGIRIMAN

Jl. Industri No. 12, Jakarta Utara

CATATAN TAMBAHAN

— Tidak ada catatan tambahan —

Item Barang yang Dikirim

NO	PRODUK / BARANG	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIPESAN	JUMLAH DIKIRIM
1	Acid Reagent Hach <i>ini blm rdi</i>	pcs	merck	—	1,00	1,00
2	Alkali Solution Hach <i>AUWWEAIAKU AWEHOAS</i>	pcs	Sanyo	—	1,00	1,00
3	Magnesium Reagent <i>WHOHVve ;kasnfahgr</i>	pack	PI	—	1,00	1,00

Kembali ke Daftar Surat Jalan

Riwayat Approval

Belum ada riwayat approval.

Pembuat Dokumen


Marketer Staff
Diterbitkan via Sistem

Gambar 3. 23 Antarmuka Tampilan Surat Jalan

9. Form Pembuatan Invoice

Form pembuatan invoice di gambar 3.24 memungkinkan pembuatan dokumen tagihan berdasarkan surat jalan yang telah disetujui.

SID-EKHABIMA

CV. EKHABIMA

MENU UTAMA

Dashboard

DOKUMEN

Penawaran

Purchase Order

Surat Jalan

Invoice

DATA PRODUK & PELANGGAN

Pelanggan

Produk

v1.0.0 - SID-EKHABIMA

Invoice / Buat Invoice

Generate Invoice

Terbitkan invoice baru dari Surat Jalan yang sudah terkirim / disetujui

Informasi Invoice

NOMOR INVOICE

INV-2026-014

TANGGAL INVOICE

06/22/2026

PILIH SURAT JALAN (SJ)

SJ-2026-002 (UD. Sinar Harapan)

Metadata Surat Jalan

PELANGGAN

UD. Sinar Harapan

REFERENSI PO

PO/Tes/220520261724

TANGGAL KIRIM SJ

22 Mei 2026

ALAMAT PENGIRIMAN

true

Item Barang & Kalkulasi Keuangan

NO	PRODUK / BARANG	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIKIRIM	HARGA SATUAN (PO)	SUBTOTAL
1	1 - Naphthol Phthalein Pan Indicator	botol 5 gram	—	—	1,00	Rp 85.000	Rp 85.000
Subtotal							Rp 85.000
PPN (11%)							Rp 9.350
Grand Total							Rp 94.350

Simpan sebagai Draft

Kirim untuk Approval

Batal

Gambar 3. 24 Antarmuka Pembuatan Invoice

10. Form Tampilan Invoice

Halaman tampilan invoice di gambar 3.25 menunjukkan dokumen tagihan final dengan total nilai, informasi pembayaran, dan status pelunasan.

SID-EKHABIMA

CV. EKHABIMA

MENU UTAMA

Dashboard

DOKUMEN

Penawaran

Purchase Order

Surat Jalan

Invoice

DATA PRODUK & PELANGGAN

Pelanggan

Produk

v1.0.0 - SID-EKHABIMA

Invoice / INV-2026-013

INV-2026-013

Diterbitkan tanggal 21 June 2026

Diterbitkan

Tandai Sebagai Lunas

Download Invoice (PDF)

Informasi Invoice

PELANGGAN

PT. Sinergi Gula Nusantara

REFERENSI SURAT JALAN

SJ-2026-026

REFERENSI PO

po/tes/16

CP: Darmo Anil

031-33347151 - darmoo@SGN.com

Jl. Embong Malang No. 45, Surabaya

TANGGAL INVOICE

21 June 2026

ALAMAT PENGIRIMAN

Jl Sukodono gg 14 no 38 Barat, Sidoarjo, Jawa Timur

Status Dokumen

Draft dibuat

Menunggu Approval

Diterbitkan (issued)

Lunas (Paid)

Riwayat Approval

Darmo

21 Jun 2026, 20:03 WIB

Disetujui

Daftar Item & Penagihan

NO	BARANG / PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIKIRIM	HARGA SATUAN	SUBTOTAL
1	Adapter Sleeve Bearing H 316 Skf H316 Skf	pcs	—	—	1,00	Rp 300.000	Rp 300.000
2	Bearing 6307 - 2Z C3 Skf	pcs	—	—	1,00	Rp 300.000	Rp 300.000
Subtotal							Rp 600.000
PPN (11%)							Rp 66.000
Grand Total							Rp 666.000

Kembali ke Daftar Invoice

Gambar 3. 25 Antarmuka Tampilan Invoice

11. Tampilan Daftar Dokumen

a. Penawaran

56

Halaman daftar penawaran di gambar 3.26 menampilkan tabel semua dokumen penawaran dengan informasi nomor, pelanggan, tanggal, nilai, dan status.

Penawaran
Kelola semua dokumen penawaran harga

+ Buat Penawaran Baru

CARI PENAWARAN

Cari nomor penawaran atau pelanggan...

STATUS: Semua Status

DARI TANGGAL: mm/dd/yyyy

SAMPAI TANGGAL: mm/dd/yyyy

Filter

NO. PENAWARAN	TANGGAL	PELANGGAN	TOTAL	STATUS	AKSI
QT-2026-038	21 Jun 2026	PT. Sinergi Gula Nusantara	Rp 666.000	Disetujui	 
QT-2026-034	17 Jun 2026	PT PG Krembung	Rp 721.500	Disetujui	 

Gambar 3. 26 Daftar Penawaran

b. Purchase Order

Halaman daftar purchase order di gambar 3.27 menyajikan rekap seluruh PO yang masuk beserta status pemrosesannya.

Purchase Order
Kelola semua PO dari pelanggan

+ Input PO Baru

CARI PO / PELANGGAN

Cari nomor PO atau nama pelanggan...

STATUS: Semua Status

DARI TANGGAL: mm/dd/yyyy

SAMPAI TANGGAL: mm/dd/yyyy

Filter

NO. PO	TANGGAL	PELANGGAN	REF. PENAWARAN	STATUS	AKSI
po/tes/17	22 Jun 2026	PT. Maju Bersama	QT-2026-025	Diterima	
po/tes/16	21 Jun 2026	PT. Sinergi Gula Nusantara	QT-2026-038	Diproses	

Gambar 3. 27 Daftar Purchase Order

c. Surat Jalan

Halaman daftar surat jalan di gambar 3.28 menampilkan monitoring seluruh dokumen pengiriman yang telah dibuat.

Surat Jalan
Kelola pengiriman barang dan logistik

+ Buat Surat Jalan

CARI SURAT JALAN

Cari nomor surat jalan atau nama pelanggan...

STATUS: Semua Status

DARI TANGGAL: mm/dd/yyyy

SAMPAI TANGGAL: mm/dd/yyyy

Filter

NO. SURAT JALAN	TANGGAL	PELANGGAN	REF. PO	STATUS	AKSI
SJ-2026-027	22 Jun 2026	PT. Maju Bersama	po/tes/17	Menunggu	
SJ-2026-026	21 Jun 2026	PT. Sinergi Gula Nusantara	po/tes/16	Disetujui	

Gambar 3. 28 Daftar Surat Jalan

d. Invoice

Halaman daftar invoice di gambar 3.29 menunjukkan rekap tagihan yang telah diterbitkan dengan status pembayaran masing-masing.

Invoice

Kelola semua penagihan dan invoice pelanggan

+ Generate Invoice

CARI INVOICE

Cari nomor invoice atau pelanggan...

STATUS

Semua Status

DARI TANGGAL

mm/dd/yyyy

SAMPAI TANGGAL

mm/dd/yyyy

Filter

NO. INVOICE	TANGGAL	PELANGGAN	REF. SURAT JALAN	GRAND TOTAL	STATUS	AKSI
INV-2026-013	21 Jun 2026	PT. Sinergi Gula Nusantara	SJ-2026-026	Rp 666.000	Diterbitkan	
INV-2026-012	21 Jun 2026	PT PG Krembung	SJ-2026-025	Rp 721.500	Diterbitkan	

Gambar 3. 29 Daftar Invoice

12. Tampilan Master Produk, Pelanggan, Pengguna

a. Produk

Halaman daftar produk di gambar 3.30 menampilkan katalog seluruh barang yang tersedia dengan informasi kategori, harga, dan status ketersediaan. Form tambah produk di gambar 3.31 menyediakan interface untuk menambahkan item baru ke dalam katalog produk perusahaan.

Produk

Kelola katalog produk / barang

+ Tambah Produk

PENCARIAN

STATUS

URUTAN

Cari nama produk...

Semua

Nama (A-Z)

Filter

NAMA PRODUK	KATEGORI	SATUAN	HARGA DASAR	STATUS	AKSI
1 - Naphthol Phthalein Pan Indicator	Bahan Kimia	botol 5 gram	Rp 7.460.000	Aktif	Edit Nonaktifkan
1 - Naphthol Pthalien Pan Indicator 5gr	Test Kit & Reagen Analitik	botol 5 gram	Rp 7.460.000	Aktif	Edit Nonaktifkan

Gambar 3. 30 Daftar Produk

Tambah Produk

NAMA PRODUK *

SATUAN *

Contoh: pcs, batang, unit, box

HARGA DASAR (Rp) *

KATEGORI

Tanpa Kategori

Status Aktif

☒

Batal

Simpan

Gambar 3. 31 Tampilan Tambah Produk

b. Pelanggan

Halaman daftar pelanggan di gambar 3.32 menampilkan database seluruh customer dengan informasi kontak dan alamat lengkap. Form tambah pelanggan di gambar 3.33 digunakan untuk mendaftarkan customer baru ke dalam sistem.

Pelanggan
Kelola data master pelanggan

+ Tambah Pelanggan

Cari nama / email / kontak... Cari

NAMA	KONTAK PERSON	TELEPON	EMAIL	AKSI
CV. Karya Mandiri	Siti Rahayu	021-8887654	siti@karyamandiri.com	Edit Hapus
PT PG Krembung	Supardi	01821841221	supardi@krembung.com	Edit Hapus

Gambar 3. 32 Daftar Pelanggan

Tambah Pelanggan

NAMA PELANGGAN *

KONTAK PERSON *

TELEPON *

EMAIL *

ALAMAT

Batal Simpan

Gambar 3. 33 Tampilan Tambah Pelanggan

c. Pengguna

Halaman daftar pengguna di gambar 3.34 menampilkan manajemen akun sistem dengan role dan status aktif masing-masing pengguna. Form tambah pengguna di gambar 3.35 memungkinkan administrator untuk membuat akun baru dengan penugasan role yang sesuai.

Pengguna
Kelola akun pengguna sistem

+ Tambah Pengguna

Cari nama / email... Cari

NAMA	EMAIL	ROLE	STATUS	AKSI
 Admin	admin@ekhabima.com	Admin	Nonaktif	Edit Aktifkan
 Alfonsus deDeo	alfon@ebim	Marketer	Aktif	Edit Nonaktifkan

Gambar 3. 34 Daftar Pengguna

Gambar 3. 35 Tampilan Tambah Pengguna

3.5 Hasil Singkat Implementasi Sistem

Sistem Informasi Penawaran dan Pengelolaan Dokumen Customer pada CV. EKHABIMA diimplementasikan berbasis web menggunakan framework Laravel dengan arsitektur Monolithic Modular berbasis Layered Architecture. Sistem ini mengintegrasikan empat modul utama yaitu pengelolaan penawaran (quotation), purchase order (PO), surat jalan (delivery order), dan invoice. Fitur sistem meliputi:

- Digitalisasi Dokumen: Pembuatan dokumen penawaran, surat jalan, dan invoice secara digital dengan format PDF yang dapat diunduh.
- Mekanisme Approval Digital: Proses persetujuan berjenjang oleh Supervisor dengan tanda tangan digital otomatis pada dokumen.
- Sistem Rekomendasi Produk: Implementasi Hybrid Collaborative Filtering yang memberikan rekomendasi produk saat pembuatan penawaran berdasarkan riwayat pembelian pelanggan dan kesamaan kategori produk dengan contoh ada di gambar 3.36.
- Sinkronisasi Dokumen: Keterkaitan otomatis antar dokumen melalui nomor PO sebagai kunci referensi.
- Manajemen Master Data: Pengelolaan data pelanggan, produk, kategori, dan pengguna yang terintegrasi.

Gambar 3. 36 Implementasi sistem rekomendasi kedalam penawaran

3.6 Perangkat Yang Digunakan

Penelitian ini dikerjakan dengan menggunakan perangkat keras berupa komputer dan perangkat lunak pendukung untuk mengembangkan model dan sistem. Spesifikasi perangkat keras dan lunak dapat dilihat pada tabel 3.21 dan 3.22

Tabel 3. 21 Spesifikasi Perangkat Keras

Perangkat	Spesifikasi
Sistem Operasi	Windows 11 Home 64-bit
Central Processing Unit (CPU)	AMD Ryzen™ 5 5600H 6 Core 3.3 GHz
GPU	Nvidia Geforce RTX 3060 6GB
Memori	16 GB

Tabel 3. 22 Spesifikasi Perangkat Lunak

Perangkat	Spesifikasi
Bahasa Pemrograman	Python, PHP, Javascript
Perangkat Lunak	Visual Studio Code, Uxpilot, Google Colab, Antigravity
Python Library	Numpy, Pandas, scikit-learn
Kerangka Kerja (framework)	Laravel, FastAPI

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini memaparkan hasil dan pembahasan evaluasi model rekomendasi *Hybrid Collaborative Filtering* yang menjadi kontribusi utama penelitian ini, serta pembuktian penerapannya melalui integrasi pada Sistem Informasi Penawaran dan Pengelolaan Dokumen Customer pada CV. Ekhabima berbasis *website* menggunakan Laravel. Pembahasan disusun mulai dari hasil Blackbox testing, validasi teknis dan performa, evaluasi akurasi model menggunakan metodologi Leave-One-Out, bedah kasus relevansi bisnis, evaluasi ketahanan sistem terhadap kondisi tepi, evaluasi penerimaan pengguna, hingga rekapitulasi pencapaian terhadap ambang *threshold*.

4.1 Hasil Blackbox Testing

Pengujian *blackbox* merupakan metode evaluasi yang dilakukan untuk memverifikasi bahwa seluruh fungsionalitas sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan tanpa meninjau struktur kode internal. Pengujian ini mencakup skenario-skenario kunci yang merepresentasikan alur bisnis utama CV. EKHABIMA, dimulai dari proses pembuatan dokumen penawaran yang meliputi pemilihan pelanggan sampai tahap akhir pengujian meliputi pembuatan dokumen invoice berdasarkan surat jalan dan pengunduhan invoice final yang juga telah ditandatangani secara digital. Seluruh skenario pengujian dirancang untuk memastikan sistem berjalan lancar, mekanisme *approval* berfungsi dengan baik, dan dokumen yang dihasilkan sesuai dengan format yang ditetapkan.

4.1.1 Pembuatan Dokumen Penawaran dan Rekomendasi

Pengujian pembuatan dokumen penawaran dan rekomendasi merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses pembuatan penawaran dengan fitur rekomendasi produk. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1. Untuk hasil pengujian pembuatan dokumen penawaran dan rekomendasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

Tabel 4. 1 Pengujian Pembuatan Dokumen Penawaran dan Rekomendasi

Kode Uji	FT-01
Nama	Pembuatan Dokumen Penawaran dan Rekomendasi
Kondisi Awal	login sebagai marketer dan berada di form pembuatan penawaran
Data uji	-
Prosedur Pengujian	1. Memilih pelanggan pada dropdown pelanggan 2. Memilih produk pertama 3. Menyimpan penawaran sebagai draft
Hasil yang diharapkan	1. Produk rekomendasi muncul dan bisa langsung ditambahkan ke dalam daftar 2. Penawaran berhasil tersimpan sebagai draft
Hasil yang diperoleh	1. Produk rekomendasi bisa ditambahkan dan dokumen tersimpan sebagai draft
Hasil pengujian	Berhasil

NO	PRODUK	SATUAN	MERKE	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA PENAWARAN	SUBTOTAL
1	Adenin Hemisulfate Dihydrate Duchefa 25gr Spesifikasi / catatan produk...	botal	—	—	1	700000	Rp 700.000

+ Tambah Baris

Rekomendasi Tambahan — Sering dibeli bersamaan:

- + Amistarstop 325Sc Fungisida 250ml (Rp 246.111)
- + Bakterisida Agrept 500gr (Rp 68.933)
- + Benzylaminopurin Bap Duchefa (Rp 0)
- + Copper II Hydroxide 29787 (Rp 2.000.000)
- + Ethidium Bromide (Rp 0)

Gambar 4. 1 Tampilan Rekomendasi Produk

QT-2026-037
Dibuat oleh Yosef Budisusanto · 19 June 2026

Draft Edit Kirim untuk Approval Download Penawaran (PDF) Hapus Penawaran

Informasi Dokumen			Ringkasan Biaya	
NOMOR PENAWARAN	TANGGAL	PELANGGAN	Subtotal	Rp 768.933
QT-2026-037	19 June 2026	PT. Sinergi Gula Nusantara Darmo Aril	PPN 11%	Rp 84.583
			Grand Total	Rp 853.516

Item Penawaran							
NO	PRODUK	SATUAN	MERKE	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA	SUBTOTAL
1	Adenin Hemisulfate Dihydrate Duchefa 25gr	botal	—	—	1,00	Rp 700.000	Rp 700.000
2	Bakterisida Agrept 500gr	botal	—	—	1,00	Rp 68.933	Rp 68.933

Status Dokumen

- ☒ Draft dibuat
- ☐ Dikirim ke Supervisor
- ☐ Disetujui

Gambar 4. 2 Draft Penawaran Tersimpan

4.1.2 Pengajuan Dokumen Penawaran

Pengujian pengajuan dokumen penawaran merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses pengajuan penawaran untuk mendapat persetujuan. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.2. Untuk hasil pengujian pengajuan dokumen penawaran dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Tabel 4. 2 Pengajuan Dokumen Penawaran

Kode Uji	FT-02
Nama	Pengajuan Dokumen Penawaran
Kondisi Awal	Dokumen Penawaran dibuka
Data Uji	Dokumen Penawaran yang Sudah Tersimpan dan berstatus Draft
Prosedur Pengujian	1. Menekan tombol “Kirim Untuk Approval” dan mengonfirmasinya
Hasil yang diharapkan	1. Status Dokumen menjadi menunggu untuk approval
Hasil yang diperoleh	1. Status Dokumen menjadi menunggu untuk approval
Hasil Pengujian	Berhasil

QT-2026-034
Dibuat oleh Yosef Budisusanto · 17 June 2026

Menunggu Download Penawaran (PDF)

Informasi Dokumen			Ringkasan Biaya	
NOMOR PENAWARAN	TANGGAL	PELANGGAN	Subtotal	Rp 650.000
QT-2026-034	17 June 2026	PT PG Krembung Supardi	PPN 11%	Rp 71.500
			Grand Total	Rp 721.500

Item Penawaran							
NO	PRODUK	SATUAN	MERKE	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA	SUBTOTAL
1	Alfa Test Sieve Mesh 4 (4.75 mm)	pcs	—	—	1,00	Rp 650.000	Rp 650.000

Status Dokumen

- ☒ Draft dibuat
- ☒ Dikirim ke Supervisor
- ☐ Disetujui

Gambar 4. 3 Status Dokumen Penawaran Menunggu Approval

4.1.3 Persetujuan Penawaran

Pengujian persetujuan penawaran merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses persetujuan dokumen penawaran oleh supervisor. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3. Untuk hasil pengujian persetujuan penawaran dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4. 3 Persetujuan Penawaran

Kode Uji	FT-03
Nama	Persetujuan Penawaran
Kondisi Awal	Login sebagai Supervisor dan membuka dokumen penawaran yang akan di setujui
Data Uji	Dokumen Penawaran dengan status menunggu Approval
Prosedur Pengujian	1. Tekan Approve penawaran pada bagian Tindakan Approval
Hasil yang diharapkan	1. Dokumen Disetujui dan Status berubah menjadi “disetujui”
Hasil yang diperoleh	1. Dokumen Disetujui dan Status berubah menjadi “disetujui”
Hasil Pengujian	Berhasil

The screenshot displays a procurement document approval interface. It includes sections for document information, cost summary, item details, and approval status. The document is approved by Yosef Budisusanto on 19 Jun 2026 at 14:32.

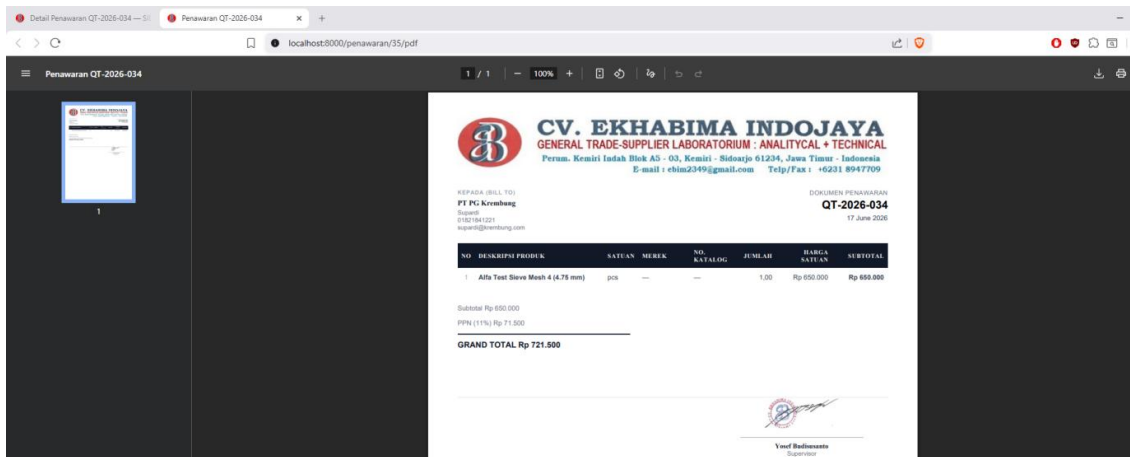
Gambar 4. 4 Dokumen Penawaran yang disetujui

4.1.4 Unduh Penawaran beserta Bukti Tanda Tangan

Pengujian unduh penawaran beserta bukti tanda tangan merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menghasilkan dokumen penawaran final dalam format PDF. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4. Untuk hasil pengujian unduh penawaran beserta bukti tanda tangan dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4. 4 Unduh Penawaran beserta Bukti Tanda Tangan

Kode Uji	FT-04
Nama	Unduh Penawaran beserta Bukti Tanda Tangan
Kondisi Awal	Membuka dokumen penawaran yang sudah disetujui
Data Uji	Dokumen Penawaran yang sudah disetujui
Prosedur Pengujian	1. Tekan “download penawaran (pdf)”
Hasil yang diharapkan	1. Membuka tab baru sebagai preview dokumen yang bisa diunduh
Hasil yang diperoleh	1. Membuka tab baru sebagai preview dokumen yang bisa diunduh
Hasil Pengujian	Berhasil



Gambar 4. 5 Tampilan Dokumen Penawaran

4.1.5 Menghubungkan PO dari Nomor PO ke Dokumen Penawaran

Pengujian menghubungkan PO dari nomor PO ke dokumen penawaran merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses sinkronisasi *purchase order* dengan penawaran yang telah disetujui. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Tabel 4. 5 Menghubungkan PO dari Nomor PO ke Dokumen Penawaran

Kode Uji	FT-05
Nama	Menghubungkan PO dari Nomor PO ke Dokumen Penawaran
Kondisi Awal	Memiliki dokumen Penawaran yang sudah disetujui dan membuka form input PO baru
Data Uji	1. Nomor PO Pelanggan 2. Dokumen Penawaran yang sudah disetujui
Prosedur Pengujian	1. Memasukkan nomor PO dari pelanggan 2. memilih penawaran yang sesuai dengan PO pelanggan 3. klik Simpan Purchase Order
Hasil yang diharapkan	1. Produk dari penawaran muncul sebagai preview dan PO tersimpan
Hasil yang diperoleh	1. Produk dari penawaran muncul sebagai preview dan PO tersimpan
Hasil Pengujian	Berhasil

Informasi Purchase Order

NOMOR PO PELANGGAN po/tes/15	TANGGAL PO 19 June 2026	REFERENSI PENAWARAN QT-2026-027
---------------------------------	----------------------------	------------------------------------

PELANGGAN
PT. Maju Bersama
Contact Person: 1 - Telepon: 1

Ringkasan Biaya

Subtotal	Rp 3.655.000
PPN 11%	Rp 402.050
Grand Total	Rp 4.057.050

Item PO Terkait

NO	PRODUK	SATUAN	JUMLAH	HARGA DITAWARKAN	SUBTOTAL
1	Silica Reagent	pack	1,00	Rp 2.100.000	Rp 2.100.000
2	Calcium Reagent 50Test	pack	1,00	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
3	Termometer Raksa 0 - 150 C Kaca	pcs	1,00	Rp 55.000	Rp 55.000

Tindakan Status PO

PO saat ini baru **diterima** dan menunggu diproses ke tahap pengerjaan.

Proses Purchase Order

Timeline Status

- ☒ PO Diterima (Received)
- ☐ Sedang Diproses (Processed)
- ☐ Selesai (Completed)

Gambar 4. 6 Input nomor PO

4.1.6 Pembuatan Surat Jalan

Pengujian pembuatan surat jalan merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses pembuatan dokumen pengiriman berdasarkan *purchase order* yang telah diproses. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Tabel 4. 6 Pembuatan Surat Jalan

Kode Uji	FT-06
Nama	Pembuatan Surat Jalan
Kondisi Awal	Login sebagai marketer dan ada di form pembuatan surat jalan
Data Uji	1. PO yang sudah berstatus “diterima” atau “diproses” 2. Alamat Pengiriman Pelanggan tujuan
Prosedur Pengujian	1. Pilih tanggal pengiriman dan referensi PO 2. Isi alamat pengiriman dan jumlah barang yang akan dikirim 3. Klik simpan draft
Hasil yang diharapkan	1. Dokumen surat jalan tersimpan beserta produk dan jumlah yang akan dikirim
Hasil yang diperoleh	1. Dokumen surat jalan tersimpan beserta produk dan jumlah yang akan dikirim
Hasil Pengujian	Berhasil

The screenshot displays a web form titled 'Informasi Surat Jalan'. It contains several sections: 'Informasi Surat Jalan' with fields for 'NOMOR SURAT JALAN' (SJ-2026-024), 'TANGGAL PENGIRIMAN' (19 June 2026), and 'REFERENSI PURCHASE ORDER' (po/tes/15); 'PELANGGAN' section for 'PT. Maju Bersama'; 'Logistik & Catatan Pengiriman' section with 'ALAMAT PENGIRIMAN' (Alamat perumahan B, Kecamatan B, Kota B, Kode pos 11111, 012-15215515) and 'CATATAN TAMBAHAN' (Tidak ada catatan tambahan); and 'Item Barang yang Dikirim' table.

NO	PRODUK / BARANG	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIPESAN	JUMLAH DIKIRIM
1	Silica Reagent	pack	—	—	1,00	1,00
2	Termometer Raksa 0 - 150 C Kaca	pcs	—	—	1,00	1,00

On the right sidebar, there is a 'Riwayat Approval' section showing 'Belum ada riwayat approval.' and a 'Pembuat Dokumen' section showing 'Marketer Staff' with a note 'Dibagikan via Sistem'.

Gambar 4. 7 Draf surat jalan tersimpan

4.1.7 Pengajuan Dokumen Surat Jalan

Pengujian pengajuan dokumen surat jalan merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses pengajuan surat jalan untuk mendapat persetujuan supervisor. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Tabel 4. 7 Pengajuan Dokumen Surat Jalan

Kode Uji	FT-07
Nama	Pengajuan Dokumen Surat Jalan
Kondisi Awal	Dokumen Surat Jalan dibuka
Data Uji	Dokumen Surat Jalan yang sudah tersimpan dan berstatus draft
Prosedur Pengujian	1. Menekan tombol “Kirim Untuk Approval” dan mengonfirmasinya

Hasil yang diharapkan	1. Status Dokumen menjadi menunggu untuk approval
Hasil yang diperoleh	1. Status Dokumen menjadi menunggu untuk approval
Hasil Pengujian	Berhasil

SJ-2026-024
Diterbitkan tanggal 19 June 2026

Menunggu
Download Surat Jalan (PDF)

Informasi Surat Jalan

NOMOR SURAT JALAN
SJ-2026-024

TANGGAL PENGIRIMAN
19 June 2026

REFERENSI PURCHASE ORDER
[po/tes/15](#)

PELANGGAN
PT. Maju Bersama
Contact Person: 1 - Telepon: 1

Logistik & Catatan Pengiriman

ALAMAT PENGIRIMAN
Alamat perumahan B, Kecamatan B
Kota B, Kode pos 11111
012-1521515

CATATAN TAMBAHAN
— Tidak ada catatan tambahan —

Item Barang yang Dikirim

NO	PRODUK / BARANG	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIPESAN	JUMLAH DIKIRIM
1	Silica Reagent	pack	—	—	1,00	1,00
2	Termometer Raksa 0 - 150 C Kaca	pcs	—	—	1,00	1,00

Riwayat Approval
Belum ada riwayat approval.

Pembuat Dokumen

M
Marketer Staff
Diterbitkan via Sistem

Gambar 4. 8 Dokumen surat jalan menjadi menunggu approval

4.1.8 Persetujuan Surat Jalan

Pengujian persetujuan surat jalan merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses persetujuan dokumen surat jalan oleh supervisor. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Tabel 4. 8 Persetujuan Surat Jalan

Kode Uji	FT-08
Nama	Persetujuan Surat Jalan
Kondisi Awal	Login sebagai Supervisor dan membuka surat jalan yang akan di setujui
Data Uji	Dokumen Surat Jalan yang berstatus Menunggu Approval
Prosedur Pengujian	1. Tekan Approve Surat Jalan pada bagian Tindakan Approval
Hasil yang diharapkan	1. Dokumen Disetujui dan Status berubah menjadi “disetujui”
Hasil yang diperoleh	1. Dokumen Disetujui dan Status berubah menjadi “disetujui”
Hasil Pengujian	Berhasil

SJ-2026-024
Diterbitkan tanggal 19 June 2026

Disetujui
Download Surat Jalan (PDF)

Informasi Surat Jalan

NOMOR SURAT JALAN
SJ-2026-024

TANGGAL PENGIRIMAN
19 June 2026

REFERENSI PURCHASE ORDER
po/tes/15

PELANGGAN
PT. Maju Bersama
Contact Person: 1 - Telepon: 1

Logistik & Catatan Pengiriman

ALAMAT PENGIRIMAN
Alamat perumahan B, Kecamatan B
Kota B, Kode pos 11111
012-15215515

CATATAN TAMBAHAN
— Tidak ada catatan tambahan —

Item Barang yang Dikirim

NO	PRODUK / BARANG	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIPESAN	JUMLAH DIKIRIM
1	Silica Reagent	pack	—	—	1,00	1,00
2	Termometer Raksa 0 - 150 C Kaca	pcs	—	—	1,00	1,00

Riwayat Approval

Yusef Budikusanto
19 Jun 2026 - 15:19
Disetujui

Pembuat Dokumen

M
Marketer Staff
Otentikasi via Sistem

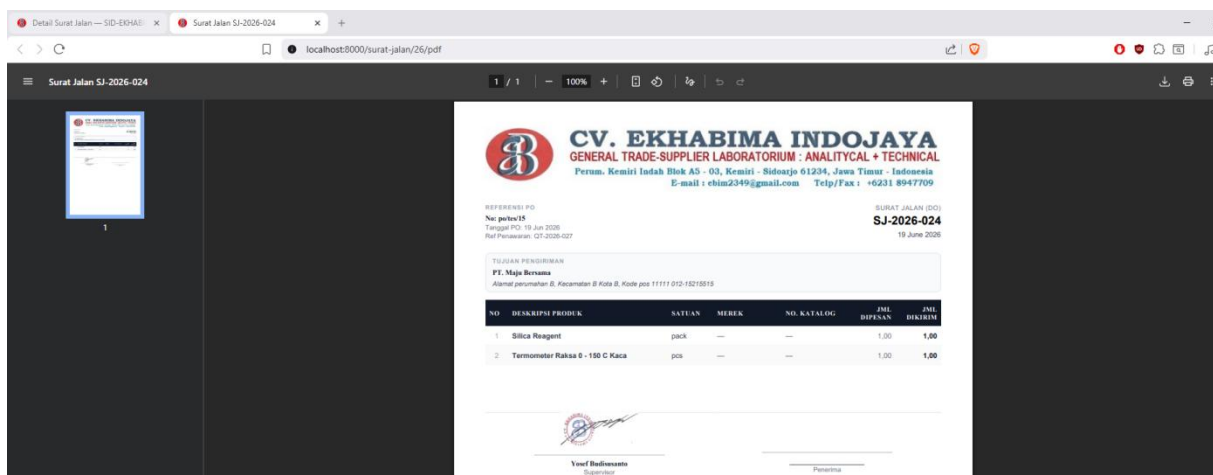
Gambar 4. 9 Status Surat jalan menjadi disetujui

4.1.9 Unduh Surat Jalan beserta Bukti Tanda Tangan

Pengujian unduh surat jalan beserta bukti tanda tangan merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menghasilkan dokumen surat jalan final dalam format PDF dengan tanda tangan digital. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.9, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Tabel 4. 9 Unduh Surat Jalan beserta Bukti Tanda Tangan

Kode Uji	FT-09
Nama	Unduh Surat Jalan beserta Bukti Tanda Tangan
Kondisi Awal	Membuka dokumen surat jalan yang sudah disetujui
Data Uji	Dokumen Surat Jalan yang sudah disetujui
Prosedur Pengujian	1. Tekan “download surat jalan (pdf)”
Hasil yang diharapkan	1. Membuka tab baru sebagai preview dokumen yang bisa diunduh
Hasil yang diperoleh	1. Membuka tab baru sebagai preview dokumen yang bisa diunduh
Hasil Pengujian	Berhasil



Gambar 4. 10 Tampilan dokumen surat jalan

4.1.10 Pembuatan Invoice

Pengujian pembuatan *invoice* merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses pembuatan dokumen tagihan berdasarkan surat jalan yang telah disetujui. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Tabel 4. 10 Pembuatan Invoice

Kode Uji	FT-10
Nama	Pembuatan Invoice
Kondisi Awal	Login sebagai marketer dan ada di form pembuatan invoice
Data Uji	Dokumen Surat Jalan yang sudah disetujui
Prosedur Pengujian	1. Pilih referensi surat jalan yang sudah disetujui dan simpan draft
Hasil yang diharapkan	1. Invoice tersimpan
Hasil yang diperoleh	1. Invoice tersimpan
Hasil Pengujian	Berhasil

Informasi Invoice

PELANGGAN
PT. Maju Bersama

REFERENSI SURAT JALAN
SJ-2026-024

REFERENSI PO
po/tes/15

TANGGAL INVOICE
19 June 2026

ALAMAT PENGIRIMAN
Alamat perumahan B, Kecamatan B
Kota B, Kode pos 11111
012-15215515

Status Dokumen

- ☒ Draft dibuat
- ☐ Menunggu Approval
- ☐ Diterbitkan (Issued)
- ☐ Lunas (Paid)

Riwayat Approval

Belum ada riwayat approval.

Daftar Item & Penagihan

NO	BARANG / PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIKIRIM	HARGA SATUAN	SUBTOTAL
1	Silica Reagent	pack	—	—	1,00	Rp 2.100.000	Rp 2.100.000
2	Termometer Raksa 0 - 150 C Kaca	pcs	—	—	1,00	Rp 55.000	Rp 55.000
Subtotal							Rp 2.155.000
PPN (11%)							Rp 237.050
Grand Total							Rp 2.392.050

Gambar 4. 11 Draf invoice tersimpan

4.1.11 Pengajuan Dokumen Invoice

Pengujian pengajuan dokumen *invoice* merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses pengajuan *invoice* untuk mendapat persetujuan supervisor. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.11, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Tabel 4. 11 Pengajuan Dokumen Invoice

Kode Uji	FT-11
Nama	Pengajuan Dokumen Invoice
Kondisi Awal	Dokumen Invoice dibuka
Data Uji	Dokumen Invoice yang sudah tersimpan dan berstatus Draft
Prosedur Pengujian	1. Menekan tombol “Kirim Untuk Approval” dan mengonfirmasinya
Hasil yang diharapkan	1. Status Dokumen menjadi menunggu untuk approval
Hasil yang diperoleh	1. Status Dokumen menjadi menunggu untuk approval
Hasil Pengujian	Berhasil

INV-2026-011
Diterbitkan tanggal 19 June 2026

Menunggu

Informasi Invoice

PELANGGAN
PT. Maju Bersama

REFERENSI SURAT JALAN
SJ-2026-024

REFERENSI PO
po/tes/15

TANGGAL INVOICE
19 June 2026

ALAMAT PENGIRIMAN
Alamat perumahan B, Kecamatan B
Kota B, Kode pos 11111
012-15215515

Status Dokumen

☒ Draft dibuat

☒ Menunggu Approval

☐ Diterbitkan (Issued)

☐ Lunas (Paid)

Riwayat Approval

Belum ada riwayat approval.

Daftar Item & Penagihan

NO	BARANG / PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIKIRIM	HARGA SATUAN	SUBTOTAL
1	Silica Reagent	pack	—	—	1,00	Rp 2.100.000	Rp 2.100.000
2	Termometer Raksa 0 - 150 C Kaca	pcs	—	—	1,00	Rp 55.000	Rp 55.000
Subtotal							Rp 2.155.000
PPN (11%)							Rp 237.050
Grand Total							Rp 2.392.050

Gambar 4. 12 Status invoice menjadi menunggu approval

4.1.12 Persetujuan Invoice

Pengujian persetujuan *invoice* merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menangani proses persetujuan dokumen *invoice* oleh supervisor. Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.12, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.13.

Tabel 4. 12 Persetujuan Invoice

Kode Uji	FT-12
Nama	Persetujuan Invoice
Kondisi Awal	Login sebagai Supervisor dan membuka invoice yang akan di setujui
Data Uji	Dokumen Invoice yang berstatus Menunggu Approval
Prosedur Pengujian	1. Tekan Approve invoice pada bagian Tindakan Approval
Hasil yang diharapkan	1. Dokumen Disetujui dan Status berubah menjadi “disetujui”
Hasil yang diperoleh	1. Dokumen Disetujui dan Status berubah menjadi “disetujui”
Hasil Pengujian	Berhasil

INV-2026-011
Diterbitkan tanggal 19 June 2026

Diterbitkan
Tandai Sebagai Lunas
Download Invoice (PDF)

Informasi Invoice

PELANGGAN
PT. Maju Bersama

REFERENSI SURAT JALAN
SJ-2026-024

REFERENSI PO
po/tes/15

TANGGAL INVOICE
19 June 2026

ALAMAT PENGIRIMAN
Alamat perumahan B, Kecamatan B
Kota B, Kode pos 11111
012-15215515

Status Dokumen

☒ Draft dibuat

☒ Menunggu Approval

☒ Diterbitkan (Issued)

☐ Lunas (Paid)

Riwayat Approval

Yosef Budisusanto
19 Jun 2026, 10:40 WIB

Disetujui

Daftar Item & Penagihan

NO	BARANG / PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH DIKIRIM	HARGA SATUAN	SUBTOTAL
1	Silica Reagent	pack	—	—	1,00	Rp 2.100.000	Rp 2.100.000
2	Termometer Raksa 0 - 150 C Kaca	pcs	—	—	1,00	Rp 55.000	Rp 55.000
Subtotal							Rp 2.155.000
PPN (11%)							Rp 237.050
Grand Total							Rp 2.392.050

Gambar 4. 13 Invoice sudah disetujui

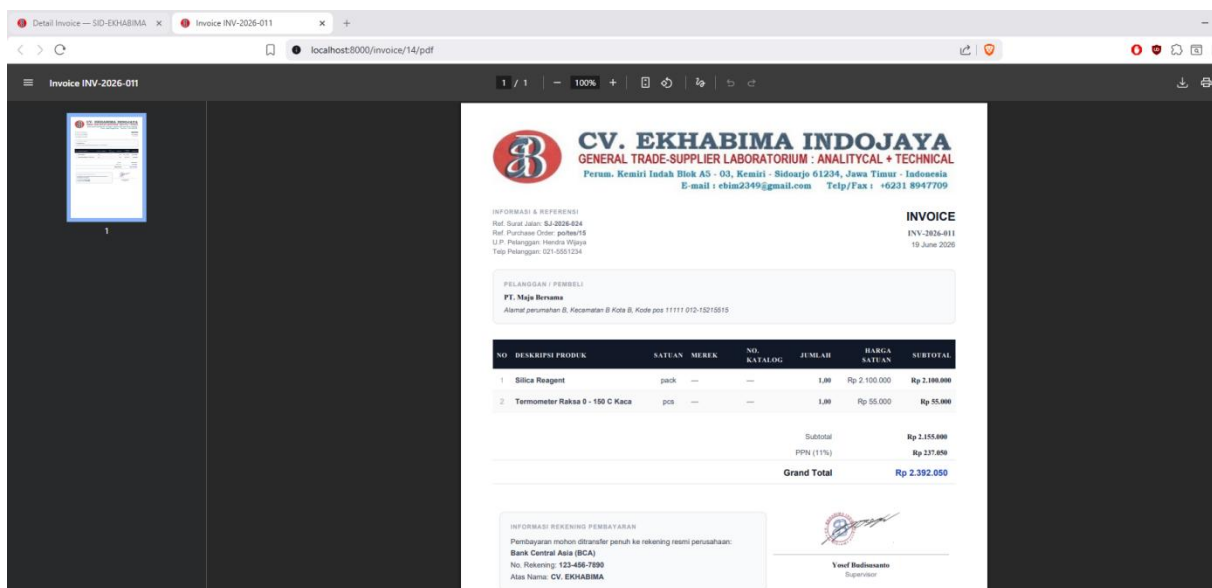
4.1.13 Unduh Invoice beserta Bukti Tanda Tangan

Pengujian unduh *invoice* beserta bukti tanda tangan merupakan pengujian kemampuan sistem dalam menghasilkan dokumen *invoice* final dalam format PDF dengan tanda tangan digital.

Rincian kasus pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.13, sedangkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.14.

Tabel 4. 13 Unduh Invoice beserta bukti tanda tangan

Kode Uji	FT-13
Nama	Unduh Invoice beserta bukti tanda tangan
Kondisi Awal	Membuka dokumen Invoice yang sudah disetujui
Data Uji	Dokumen Invoice yang sudah disetujui
Prosedur Pengujian	1. Tekan “download invoice (pdf)”
Hasil yang diharapkan	1. Membuka tab baru sebagai preview dokumen yang bisa diunduh
Hasil yang diperoleh	1. Membuka tab baru sebagai preview dokumen yang bisa diunduh
Hasil Pengujian	Berhasil



Gambar 4. 14 Tampilan Dokumen Invoice

4.2 Validasi Teknis dan Waktu Respon Sistem

Sub-bab ini membahas hasil validasi teknis terhadap komponen inti model rekomendasi, yaitu pembentukan matriks interaksi pengguna-item dan matriks kesamaan antar-item, serta validasi terhadap kebutuhan non-fungsional sistem (NF1) yang menetapkan batas waktu respons maksimum sebesar 2.000 milidetik (2 detik) untuk setiap permintaan rekomendasi.

4.2.1 Pembentukan Matriks Interaksi dan Tingkat Sparsity Data

Dataset transaksi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 2.065 baris data transaksi historis, yang melibatkan 53 customer unik dan 2.060 produk unik yang tersebar pada 20 kategori label. Dari data transaksi tersebut dibentuk dua struktur matriks utama yang menjadi fondasi komputasi model, yaitu User-Item Matrix berukuran 53×2.060 yang merepresentasikan riwayat interaksi biner (pernah dibeli/tidak pernah dibeli) antara setiap customer dan setiap produk, serta Item Similarity Matrix berukuran 2.060×2.060 yang merepresentasikan derajat kemiripan pola kemunculan antar-pasangan produk dalam transaksi.

```
User-Item matrix shape: (53, 2060)
→ 53 customers x 2060 products

CF Similarity matrix: (2060, 2060)
Non-zero pairs (off-diag): 14.0%
```

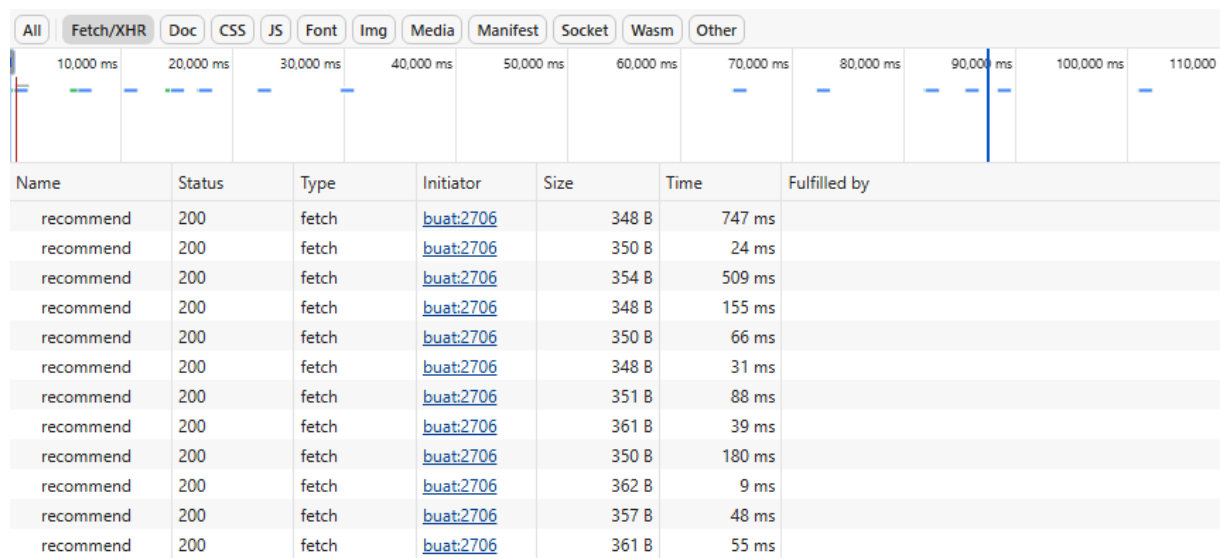
Gambar 4. 15 Visualisasi ukuran dan struktur User-Item Matrix dan Item Similarity Matrix

Berdasarkan Gambar 4.15, hasil komputasi terhadap Item Similarity Matrix menunjukkan bahwa hanya 14,0% dari seluruh pasangan produk (non-zero pairs) yang memiliki nilai kemiripan lebih besar dari nol. Angka ini mengindikasikan tingkat sparsity (kejarangan data) yang tinggi pada dataset transaksi CV. Ekhabima, sebuah karakteristik yang umum ditemukan pada sistem rekomendasi berbasis data interaksi implisit di lingkungan business-to-business (B2B) dengan jumlah customer relatif kecil namun variasi produk yang sangat besar.

Tingkat sparsity sebesar 86,0% ini memberikan implikasi signifikan terhadap performa metode Collaborative Filtering murni (Pure CF). Sebagian besar pasangan produk tidak pernah dibeli bersamaan oleh customer yang sama, sehingga model Pure CF kesulitan menemukan tetangga (neighbor) yang relevan untuk produk-produk dengan riwayat transaksi terbatas, yang pada dasarnya akan mendorong model untuk cenderung merekomendasikan produk-produk populer yang sering muncul pada transaksi (popularity bias). Implikasi kuantitatif dari fenomena ini terhadap metrik Coverage dibahas lebih lanjut pada Sub-bab 4.3.2.

4.2.2 Pengujian Waktu Respons API

Pengujian waktu respons dilakukan terhadap endpoint POST /api/recommend yang merupakan titik integrasi utama antara layanan backend rekomendasi berbasis FastAPI (Python) dan aplikasi web utama berbasis Laravel (PHP). Arsitektur microservice ini dipilih agar proses komputasi model machine learning (yang membutuhkan pustaka numerik Python seperti NumPy dan pandas) dapat berjalan independen tanpa membebani siklus request-response utama aplikasi Laravel, dengan komunikasi antar-layanan dilakukan melalui protokol HTTP berformat JSON.



Gambar 4. 16 Grafik waktu respons API endpoint /api/recommend

Berdasarkan Gambar 4.16, hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu respons endpoint /api/recommend berada pada rentang 9 milidetik hingga 747 milidetik untuk seluruh skenario

permintaan yang diuji, termasuk skenario dengan kondisi cold-start yang melibatkan proses fallback (dibahas pada Sub-bab 4.5). Nilai waktu respons tertinggi sekalipun, yaitu 747 milidetik, masih berada jauh di bawah ambang batas non-fungsional NF1 yang menetapkan batas maksimum 2.000 milidetik.

Dengan demikian, kebutuhan non-fungsional NF1 dinyatakan terpenuhi (memenuhi kriteria). Hasil ini membuktikan bahwa arsitektur integrasi microservice antara FastAPI dan Laravel, meskipun menambah satu lapisan komunikasi jaringan dengan implementasi monolitik, tidak menimbulkan latensi yang signifikan. Margin antara waktu respons tertinggi yang teramati (747 ms) dengan ambang batas yang ditetapkan (2.000 ms) juga mengindikasikan bahwa sistem memiliki ruang toleransi yang memadai bila adanya perkembangan ukuran katalog produk pada periode yang mendatang tanpa mengorbankan responsivitas.

4.3 Evaluasi Akurasi dan Penerapan Logika Hybrid

Evaluasi akurasi model rekomendasi dilakukan menggunakan metodologi Leave-One-Out (LOO) terhadap 43 customer yang memenuhi kriteria evaluasi, yaitu customer yang memiliki riwayat interaksi dengan minimal dua produk berbeda. Sepuluh customer lainnya dari total 53 customer tidak diikutsertakan dalam proses evaluasi karena hanya memiliki satu riwayat transaksi, sehingga tidak dapat diterapkan skema penyembunyian satu item (leave-one-out) untuk keperluan pengujian. Evaluasi dilakukan pada dua nilai K, yaitu K=5 dan K=10, menggunakan empat metrik utama: Hit Rate@K, Precision@K, Recall@K, dan Coverage.

4.3.1 Hasil Evaluasi Leave-One-Out

Tabel 4. 14 Hasil Evaluasi Leave-One-Out Model Hybrid untuk K=5 dan K=10

Metrik	K=5	K=10
Hit Rate@K	0,9767 (97,67%)	0,9767 (97,67%)
Precision@K	0,4000 (40,00%)	0,2233 (22,33%)
Recall@K	0,9767 (97,67%)	0,9767 (97,67%)
Coverage	0,0655 (6,55%)	0,1117 (11,17%)

Berdasarkan Tabel 4.14, model Hybrid menghasilkan Hit Rate@5 dan Hit Rate@10 yang identik, yaitu sebesar 97,67%, yang menunjukkan bahwa pada 42 dari 43 customer yang dievaluasi, item yang disembunyikan (held-out item) berhasil ditemukan dalam daftar rekomendasi, baik pada K=5 maupun K=10. Konsistensi nilai Hit Rate antara kedua nilai K mengindikasikan bahwa sebagian besar item yang relevan telah berhasil masuk ke dalam lima rekomendasi teratas, sehingga perluasan daftar rekomendasi dari 5 menjadi 10 item tidak banyak menambah jumlah customer yang berhasil menemukan item targetnya.

Nilai Precision@K menurun dari 40,00% pada K=5 menjadi 22,33% pada K=10, sebuah pola yang konsisten dengan karakteristik umum metrik precision pada sistem rekomendasi top-K, di mana penambahan jumlah slot rekomendasi (K) cenderung menurunkan proporsi item relevan terhadap total item yang direkomendasikan, karena hanya terdapat satu item target per evaluasi pada skema LOO sementara jumlah slot yang harus diisi bertambah. Pola serupa juga teramati pada Recall@K, yang secara definisi bernilai identik dengan Hit Rate@K, karena keberhasilan menemukan satu-satunya item relevan (recall bernilai 1) secara langsung berkontribusi pada perhitungan hit.

Metrik Coverage, yang mengukur proporsi katalog produk yang pernah direkomendasikan oleh sistem, tercatat sebesar 6,55% pada K=5 dan meningkat menjadi 11,17% pada K=10. Nilai Coverage yang relatif terbatas ini perlu dimaknai dalam konteks ukuran katalog yang sangat

besar (2.060 produk) dibandingkan dengan jumlah customer yang tersedia untuk membentuk pola kolaboratif (53 customer). Signifikansi nilai Coverage ini akan dibahas lebih mendalam melalui perbandingan langsung dengan model Pure Collaborative Filtering pada Sub-bab 4.3.2, yang menunjukkan bahwa logika Hybrid memberikan kontribusi nyata terhadap perluasan Coverage dibandingkan pendekatan CF konvensional.

4.3.2 Perbandingan Model Hybrid dengan Pure Collaborative Filtering

Untuk membuktikan kontribusi komponen Label Similarity terhadap performa model secara keseluruhan, dilakukan pengujian perbandingan antara model Hybrid (dengan parameter pembobotan $\alpha=0,6$) dan model Pure Collaborative Filtering ($\alpha=1,0$, yang secara efektif mengeliminasi kontribusi komponen Label Similarity dari formula skor gabungan).

Tabel 4. 15 Perbandingan Metrik Evaluasi antara Model Hybrid dan Pure Collaborative Filtering

K	Model	Hit Rate	Precision	Coverage
5	Hybrid ($\alpha = 0,6$)	97,67%	40,00%	6,55%
5	Pure CF ($\alpha = 1,0$)	86,05%	30,23%	3,30%
10	Hybrid ($\alpha = 0,6$)	100,00%	24,65%	11,60%
10	Pure CF ($\alpha = 1,0$)	90,70%	17,44%	4,76%

Berdasarkan Tabel 4.15, model Hybrid secara konsisten mengungguli model Pure CF pada seluruh metrik dan seluruh nilai K yang diuji. Pada K=5, Hit Rate meningkat dari 86,05% (Pure CF) menjadi 97,67% (Hybrid), sementara pada K=10 peningkatan terlihat lebih signifikan, dari 90,70% menjadi 100,00%, yang berarti seluruh 43 customer yang dievaluasi berhasil menemukan item targetnya dalam 10 rekomendasi teratas ketika komponen Label Similarity diikutsertakan dalam skor gabungan.

Temuan yang paling relevan secara bisnis terletak pada metrik Coverage. Pada K=5, Coverage meningkat dari 3,30% (Pure CF) menjadi 6,55% (Hybrid), atau setara dengan kenaikan relatif sebesar 98,5%, hampir dua kali lipat dari nilai Coverage Pure CF. Pola peningkatan yang sebanding juga ada pada K=10, di mana Coverage Pure CF sebesar 4,76% meningkat menjadi 11,60% pada model Hybrid. Peningkatan Coverage yang konsisten pada kedua nilai K ini menjadi bukti kuantitatif bahwa penambahan komponen Label Similarity berhasil mengatasi popularity bias yang melekat pada model Pure CF akibat tingkat sparsity data yang tinggi (sebagaimana dibahas pada Sub-bab 4.2.1).

Mekanisme di balik peningkatan Coverage ini dapat dijelaskan sebagai berikut: pada model Pure CF, produk yang memiliki riwayat transaksi minim cenderung memiliki nilai kemiripan kolaboratif yang rendah atau nol terhadap produk lain akibat sparsity matriks sebesar 86,0%, sehingga produk tersebut jarang atau tidak pernah muncul dalam daftar rekomendasi. Komponen Label Similarity, yang mengukur kemiripan berdasarkan 20 kategori label produk dan tidak bergantung pada riwayat transaksi, memberikan alternatif bagi produk berpermintaan rendah untuk tetap direkomendasikan selama produk tersebut berada pada kategori yang relevan dengan trigger item. Dengan pembobotan $\alpha=0,6$, model Hybrid memberikan porsi lebih besar pada komponen CF sembari tetap menyisakan porsi bagi Label Similarity untuk memperluas variasi produk yang direkomendasikan.

4.3.3 Analisis Dampak Sparsity terhadap Model

Hasil pada Sub-bab 4.3.1 dan 4.3.2 secara konsisten menunjukkan bahwa tingkat sparsity data sebesar 86,0% (non-zero pairs hanya 14,0%) merupakan faktor penentu utama yang membatasi performa model Pure Collaborative Filtering, khususnya pada metrik Coverage. Pada dataset

dengan sparsity tinggi, model CF cenderung mengalami fenomena popularity bias, yaitu kecenderungan untuk berulang kali merekomendasikan produk-produk yang sering dibeli (populer) karena produk tersebut memiliki lebih banyak titik data untuk membentuk pola kemiripan, sementara produk dengan riwayat transaksi terbatas (long-tail items) terpinggirkan dari daftar rekomendasi meskipun secara kontekstual bisnis tetap relevan.

Nilai Hit Rate dan Precision yang tetap tinggi pada model Pure CF (86,05% dan 90,70% untuk Hit Rate pada K=5 dan K=10) mengindikasikan bahwa untuk customer dengan pola pembelian yang sejalan dengan tren populer, model CF murni sudah cukup memadai. Namun, nilai Coverage yang rendah (3,30% dan 4,76%) membuktikan bahwa cakupan rekomendasi tersebut terkonsentrasi pada sebagian kecil katalog produk saja, sehingga sebagian besar dari 2.060 produk dalam katalog tidak pernah memiliki kesempatan untuk direkomendasikan. Dalam konteks bisnis CV. Ekhabima yang menjual produk dengan variasi sangat tinggi (bahan kimia, bahan bangunan, glassware laboratorium, dan elektronik), kondisi ini berarti peluang merekomendasikan produk pelengkap pada kategori-kategori produk yang kurang populer berisiko terlewat apabila sistem hanya mengandalkan Pure CF.

Hasil pengujian membuktikan bahwa integrasi komponen Label Similarity pada formula Hybrid berhasil memitigasi dampak negatif sparsity terhadap Coverage yang bahkan justru meningkatkan, akurasi rekomendasi (Hit Rate dan Precision). Temuan ini menjadi justifikasi pemilihan arsitektur Hybrid dibandingkan implementasi Collaborative Filtering konvensional untuk kasus penggunaan dengan karakteristik data serupa, yaitu jumlah pengguna terbatas namun variasi katalog produk yang besar.

4.4 Studi Kasus Relevansi Bisnis

Selain evaluasi kuantitatif menggunakan metrik LOO, dilakukan pula bedah kasus terhadap empat skenario nyata yang diambil dari hasil pengujian sistem terhadap katalog produk CV. Ekhabima. Bedah kasus ini bertujuan untuk menelaah relevansi rekomendasi secara kualitatif dari sudut pandang konteks bisnis, sekaligus membuktikan secara langsung motivasi awal penelitian sebagaimana diuraikan pada Bab 1 dan Bab 3, yaitu keterbatasan Marketer dalam mengenali pola pembelian yang relevan dari katalog produk yang besar dan beragam.

Tabel 4. 16 Hasil Relevansi Produk

Produk yang dipilih	Kategori	5 Produk Rekomendasi	Kategori Rekomendasi
Naa Napthalene Acetic Acid Phygenera Wr103	Bahan Kimia	Ammonium Acetate Emsure 1kg	Bahan Kimia
		Ammonium Fluoride	Bahan Kimia
		Ammonium Sulfate Emsure	Bahan Kimia
		Aquadest 25L	Bahan Kimia
		Ascorbic Acid	Bahan Kimia
Cat Genteng Jotun Jotarroof Warna Tar - 5366	Bahan Bangunan & Material Konstruksi	Akrilik Sheet 10mm x 100cm x 100cm	Bahan Bangunan & Material Konstruksi
		Amplas Lembaran Grit 1000	Bahan Bangunan & Material Konstruksi
		Batu Gerinda Amplas Susun 4 Inch	Bahan Bangunan & Material Konstruksi
		Cat Kayu Besi Jotun Hi - Gloss 8364 Open Greenery	Bahan Bangunan & Material Konstruksi
		Cat Vinilex Pro B 9102 White	Bahan Bangunan & Material Konstruksi

Produk yang dipilih	Kategori	5 Produk Rekomendasi	Kategori Rekomendasi
Corong Kaca Duran d=55mm	Glassware & Plastikware	Corong Kaca 50mm Lokal	Glassware & Plastikware
		Corong Kaca 60mm Lokal	Glassware & Plastikware
		Hansaplast Jumbo 50 Lbr	Kotak P3K & Perlengkapan Medis
		Keset Kain Handuk 60 X 40	Peralatan Kebersihan & Sanitasi
		Picnometer Brand 100ml Cat 43338	Glassware & Plastikware
Element Pengering Ampas 1000W 220V 10cm	Elektronik & Kelistrikan	Asus All - In - One E3202Wvak - Bpb585Ws Black	Elektronik & Kelistrikan
		Baofeng Uv - 82 Ht Dualband	Elektronik & Kelistrikan
		Baterai Alkaline Aa	Elektronik & Kelistrikan
		Baterai Alkaline Aaa	Elektronik & Kelistrikan
		Baterai Kotak 9V 6Lr61	Elektronik & Kelistrikan

Item Penawaran

NO	PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA PENAWARAN	SUBTOTAL
1	Naa Napthalene Acetic Acid Phygnera Wr103 Spesifikasi / catatan produk...	botol	—	—	1	1125000	Rp 1.125.000

+ Tambah Baris

🔖 Rekomendasi Tambahan — Sering dibeli bersamaan:

- + Ammonium Acetate Emsure 1kg (Rp 0)
- + Ammonium Fluoride (Rp 1.800.000)
- + Ammonium Sulfate Emsure (Rp 0)
- + Aquadest 25L (Rp 428.571)
- + Ascorbic Acid (Rp 1.900.000)

Gambar 4. 17 Tangkapan layar hasil rekomendasi produk pertama

Item Penawaran

NO	PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA PENAWARAN	SUBTOTAL
1	Cat Genteng Jotun Jotarroof Warna Tar - 5366 Spesifikasi / catatan produk...	jar	—	—	1	450000	Rp 450.000

+ Tambah Baris

🔖 Rekomendasi Tambahan — Sering dibeli bersamaan:

- + Akrilik Sheet 10mm x 100cm x 100cm (Rp 3.428.571)
- + Amplas Lembaran Grit 1000 (Rp 7.500)
- + Batu Gerinda Amplas Susun 4 Inch (Rp 15.225)
- + Cat Kayu Besi Jotun Hi - Gloss 8364 Open Greenery (Rp 200.000)
- + Cat Vinilex Pro B 9102 White (Rp 1.000.000)

Gambar 4. 18 Tangkapan layar hasil rekomendasi produk kedua

Item Penawaran

NO	PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA PENAWARAN	SUBTOTAL
1	Corong Kaca Duran d=55mm Spesifikasi / catatan produk...	pcs	—	—	1	206666.67	Rp 206.667

+ Tambah Baris

Rekomendasi Tambahan — Sering dibeli bersamaan:

- + Corong Kaca 50mm Lokal (Rp 50.667)
- + Corong Kaca 60mm Lokal (Rp 62.667)
- + Picnometer Brand 100ml Cat 43338 (Rp 3.070.667)
- + Hansaplast Jumbo 50 Lbr (Rp 45.714)
- + Kaset Kain Handuk 60 X 40 (Rp 54.286)

Gambar 4. 19 Tangkapan layar hasil rekomendasi produk ketiga

Item Penawaran

NO	PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA PENAWARAN	SUBTOTAL
1	Element Pengering Ampas 1000W 220V 10cm Spesifikasi / catatan produk...	pcs	—	—	1	1333333.33	Rp 1.333.333

+ Tambah Baris

Rekomendasi Tambahan — Sering dibeli bersamaan:

- + Baofeng Uv - 82 Ht Dualband (Rp 714.286)
- + Baterai Alkaline Aa (Rp 71.429)
- + Baterai Alkaline Aaa (Rp 71.429)
- + Baterai Kotak 9V 6Lr61 (Rp 71.429)
- + Baterai Panasonic Lr44 (Rp 107.143)

Gambar 4. 20 Tangkapan layar hasil rekomendasi produk keempat

4.4.1 Peran Label Similarity dalam Mencegah Human Error

Berdasarkan Tabel 4.16 dan gambar 4.17, 4.18 dan 4.20, skenario Kasus 1 (Bahan Kimia), Kasus 2 (Bahan Bangunan), dan Kasus 4 (Elektronik) menunjukkan pola yang serupa, yaitu seluruh atau sebagian besar produk yang direkomendasikan berasal dari kategori label yang sama dengan trigger item. Pada Kasus 1, pemilihan produk Naa Napthalene Acetic Acid Phygenera Wr103 menghasilkan rekomendasi lima senyawa kimia lain (Ammonium Acetate, Ammonium Fluoride, Ammonium Sulfate, Aquadest 25L, dan Ascorbic Acid) yang lazim digunakan bersamaan dalam konteks laboratorium atau riset, sementara Kasus 2 menampilkan kombinasi material bangunan yang relevan dengan konteks proyek renovasi atap (cat genteng beserta material pelengkap seperti amplas, batu gerinda, dan cat kayu besi).

Nilai praktis dari pola rekomendasi ini terletak pada perannya sebagai jaring pengaman terhadap human error. Dengan jumlah katalog yang mencapai 2.060 produk yang tersebar pada 20 kategori, sangat mungkin bagi Marketer untuk lupa menyertakan produk pelengkap yang sebenarnya relevan namun tidak langsung teringat saat menyusun penawaran secara manual, terutama untuk customer baru atau kebutuhan proyek yang kompleks. Komponen Label Similarity, yang bekerja berdasarkan kesamaan kategori produk, secara konsisten memunculkan kembali produk pelengkap dalam domain yang sama, sehingga mengurangi risiko penawaran yang tidak lengkap akibat keterbatasan daya ingat manusia terhadap variasi katalog yang luas.

Pola serupa pada Kasus 4 (Elektronik) memperkuat temuan ini: pemilihan elemen pengering sebagai trigger item memunculkan rekomendasi perangkat elektronik lain beserta jenis-jenis baterai pendukung, sebuah kombinasi yang relevan secara operasional namun rentan terlewat apabila Marketer hanya berfokus pada produk utama yang diminta customer.

4.4.2 Collaborative Filtering dan Penemuan Pola Penawaran Lintas Kategori

Kasus 3 (Glassware) pada gambar 4.19 menyajikan temuan yang secara kualitatif paling signifikan di antara keempat skenario yang diuji. Berdasarkan Tabel 4.16, pemilihan produk Corong Kaca Duran d=55mm sebagai trigger item tidak hanya menghasilkan rekomendasi produk sejenis dari kategori Glassware (Corong Kaca 50mm Lokal, Corong Kaca 60mm Lokal, dan Picnometer Brand 100ml), tetapi juga dua produk dari kategori yang sama sekali berbeda, yaitu Hansaplast Jumbo 50 Lbr dari kategori P3K & Medis dan Kaset Kain Handuk 60x40 dari kategori Kebersihan.

Kemunculan kedua produk lintas kategori tersebut murni dihasilkan oleh komponen Collaborative Filtering, yang menangkap pola kemunculan bersama (co-occurrence) dalam riwayat transaksi customer yang membeli peralatan laboratorium gelas. Pola ini secara intuitif dapat dijelaskan oleh konteks operasional di lapangan, yaitu pekerja laboratorium yang menggunakan peralatan glassware kemungkinan besar juga membutuhkan perlengkapan keselamatan kerja dasar (P3K) dan perlengkapan kebersihan area kerja.

Temuan pada Kasus 3 ini menjadi bukti bahwa sistem dapat menjadi Decision Support System yang memberikan nilai tambah nyata bagi proses bisnis. Kemampuan menemukan pola keterkaitan produk pelengkap lintas kategori yang tersembunyi, yang secara keadaan nyata mustahil diidentifikasi melalui observasi manual terhadap histori transaksi sebanyak 2.065 baris data.

Temuan ini sekaligus menjadi bukti kualitatif paling konkret yang membuktikan langsung motivasi awal penelitian sebagaimana diuraikan pada Bab 1 dan Bab 3, yaitu bahwa model rekomendasi *Hybrid Collaborative Filtering* bisa menjadi fitur pendukung dan solusi atas keterbatasan kognitif manusia dalam mengenali pola pembelian lintas kategori pada skala data yang besar

4.5 Evaluasi Ketahanan Sistem (Edge Case dan Cold Start)

Mengingat sifat data transaksi yang akan terus bertambah seiring waktu, sistem perlu mampu menangani kondisi-kondisi tepi (edge case) yang tidak dapat diselesaikan oleh komputasi Collaborative Filtering secara langsung, seperti kemunculan produk baru yang belum memiliki riwayat transaksi (cold-start) atau produk yang tidak memiliki label kategori (missing label). Untuk menangani kondisi tersebut, sistem dilengkapi dengan mekanisme fallback bertingkat yang memastikan setiap permintaan rekomendasi tetap menghasilkan output, alih-alih mengembalikan daftar kosong yang dapat mengganggu alur kerja Marketer.

4.5.1 Skenario Item Cold-Start (Produk Baru dengan Kategori Tersedia)

Skenario pertama yang diuji adalah kondisi cold-start pada level item, yaitu ketika produk yang dipilih sebagai trigger item belum memiliki riwayat transaksi yang cukup untuk membentuk hubungan kemiripan kolaboratif yang kuat, namun produk tersebut memiliki kategori label yang valid. Pada kondisi ini, sistem secara otomatis mengalihkan strategi pengambilan rekomendasi ke jalur label_fallback, yang mengabaikan komponen CF dan murni mengandalkan kemiripan kategori label untuk menentukan produk yang direkomendasikan.

Item Penawaran

NO	PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA PENAWARAN	SUBTOTAL
1	Natrium Benzoat 250gr Spesifikasi / catatan produk...	pcs	—	—	1	15000	Rp 15.000

+ Tambah Baris

Rekomendasi Tambahan — Sering dibeli bersamaan:

- + Aquadest 20L (Rp 0)
- + Eriochrome Black T (Rp 0)
- + Potassium Sodium Tartrate Tetrahydrate For Analysis Emsure (Rp 2.310.000)
- + Potassium Sodium Tartrate 4 Hydratemerck 1.08087 Pro - Analis (Rp 2.900.000)
- + Potassium Sodium Tartrate (Rp 2.341.729)

Gambar 4. 21 Hasil tampilan skenario label fallback

```
2026-06-18 20:46:16 recommender INFO: Recommend | input=[2065] | labels=[1] | top_k=5 | source=label_fallback | results=[119, 561, 1415, 1414, 1413]
2026-06-18 20:46:16 INFO: 172.20.0.6:42422 - "POST /api/recommend HTTP/1.0" 200 OK
```

Gambar 4. 22 Log service recommender skenario label fallback

Berdasarkan tampilan gambar 4.21 dan gambar 4.22, log sistem mencatat status `source=label_fallback` dengan daftar hasil rekomendasi berupa ID produk [1383, 1370, 1314, 1313, 1298], yang menunjukkan bahwa sistem berhasil mengembalikan lima produk dari kategori label yang sesuai meskipun produk pemicu tidak memiliki riwayat kemiripan kolaboratif dengan produk lain. Mekanisme ini memastikan bahwa produk-produk yang baru ditambahkan ke katalog tetap dapat memperoleh rekomendasi yang relevan secara kategori sejak hari pertama produk tersebut tersedia, tanpa harus menunggu akumulasi data transaksi yang memadai untuk membentuk pola kolaboratif.

4.5.2 Skenario Missing Label atau Double Cold-Start

Skenario kedua merupakan kondisi yang lebih ekstrem, yaitu ketika produk pemicu tidak memiliki riwayat transaksi yang memadai dan sekaligus tidak memiliki kategori label yang tercatat dalam basis data (double cold-start). Pada kondisi ini, baik komponen CF maupun komponen Label Similarity tidak dapat menghasilkan skor kemiripan yang valid, sehingga sistem mengalihkan strategi ke jalur fallback terakhir, yaitu `popularity_fallback`, yang mengembalikan produk-produk dengan frekuensi transaksi tertinggi secara keseluruhan tanpa mempertimbangkan kemiripan spesifik terhadap trigger item.

Item Penawaran

NO	PRODUK	SATUAN	MEREK	NO. KATALOG	JUMLAH	HARGA PENAWARAN	SUBTOTAL
1	HP Victus 16 Inch R5 5600H RTX 3060 Spesifikasi / catatan produk...	pcs	—	—	1	15000000	Rp 15.000.000

+ Tambah Baris

Rekomendasi Tambahan — Sering dibeli bersamaan:

- + Aquadest 20L (Rp 0)
- + Eriochrome Black T (Rp 0)
- + Manometer 0 - 6 Bar 6inch (Rp 0)
- + Manometer 0 - 4 Bar 4inch (Rp 0)
- + Plester Hansaplast Rol Kain 1,25Cm x 1M (Rp 7.143)

Gambar 4. 23 Hasil tampilan skenario popular fallback

```

2026-06-18 20:47:04 recommender INFO: Recommend | input=[2064] | labels=[] | top_k=5 | source=popularity_fallback | results=[119, 561,
1062, 1056, 1372]
2026-06-18 20:47:04 INFO: 172.20.0.6:37704 - "POST /api/recommend HTTP/1.0" 200 OK

```

Gambar 4. 24 Log service recommender skenario popular fallback

Berdasarkan tampilan di gambar 4.23 dan gambar 4.24, log sistem mencatat status `source=popularity_fallback` dengan atribut `labels` kosong yang mengonfirmasi ketidaktersediaan kategori pada produk pemicu, serta daftar hasil rekomendasi berupa ID produk [119, 561, 1062, 1056, 1372]. Meskipun rekomendasi yang dihasilkan pada skenario ini tidak bersifat personal maupun kontekstual terhadap kategori trigger item, mekanisme ini berfungsi sebagai lapisan pertahanan terakhir (last resort) yang menjamin sistem tidak pernah menampilkan panel rekomendasi kosong kepada pengguna, sebuah kondisi yang berpotensi menurunkan kepercayaan pengguna terhadap keandalan fitur secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil dari subbab 4.5.1 dan subbab 4.5.2, ketiga jalur pengambilan rekomendasi (`ibcf`, `label_fallback`, dan `popularity_fallback`) secara konsisten menghasilkan lima item rekomendasi tanpa satu pun skenario yang mengembalikan daftar kosong (empty recommendation). Hasil pengujian pada seluruh skenario edge case, termasuk dua skenario fallback yang melibatkan pemrosesan tambahan untuk menentukan strategi pengambilan data alternatif, tetap berada pada rentang waktu respons 12 hingga 240 milidetik sebagaimana telah dibahas pada Sub-bab 4.2.2, yang berarti penambahan logika percabangan fallback tidak menimbulkan tambahan latensi yang signifikan dan threshold NF1 sebesar ≤ 2.000 milidetik tetap terpenuhi pada seluruh kondisi tepi yang diuji.

4.6 Evaluasi Penerimaan Pengguna

Sub-bab ini menyajikan hasil evaluasi penerimaan sistem dari sisi pengguna akhir, yang terdiri atas dua komponen pengujian: pengukuran usability menggunakan System Usability Scale (SUS), dan evaluasi kualitatif terhadap persepsi pengguna mengenai relevansi bisnis dari fitur rekomendasi.

4.6.1 Hasil Sistem Usability Scale (SUS)

Evaluasi *usability* sistem dilakukan menggunakan kuesioner standar *System Usability Scale* (SUS) yang terdiri dari 10 pertanyaan dengan skala Likert 1-5. Pengujian ini melibatkan 3 responden yang berperan sebagai *Marketer* dan *Supervisor* di CV. EKHABIMA. Setiap responden diminta untuk menggunakan sistem dalam skenario pembuatan penawaran selama sesi pengujian, kemudian mengisi kuesioner SUS untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan sistem.

Tabel 4. 17 Hasil System Usability Scale

Responden	Peran	Skor SUS Individu	Kategori Peringkat (<i>Adjective Rating</i>)
1	Marketer	65,0	<i>OK / Good</i>
2	Supervisor	100,0	<i>Excellent</i>
3	Marketer	67,5	<i>OK / Good</i>
Rata-rata	-	77,5	Excellent / Good

Berdasarkan Tabel 4.17, diperoleh skor rata-rata SUS sebesar 77,5. Skor rata-rata di atas 72,5 menempatkan sistem pada kategori *Excellent* atau *Good*, yang berarti sistem dinilai sangat layak pakai (*acceptable*) dan mudah diadopsi oleh pengguna.

4.6.2 Evaluasi Kualitatif Relevansi Bisnis

Selain metrik kuantitatif SUS, evaluasi kualitatif dilakukan melalui pertanyaan kualitatif dan observasi langsung untuk mengukur persepsi pengguna terhadap nilai bisnis dari rekomendasi yang dihasilkan. Seluruh responden (100%) memberikan umpan balik positif yang secara konsisten terpetakan ke dalam tiga temuan utama berikut:

1. Pengurangan Beban Kognitif (Cognitive Load Reduction)

Seluruh responden menyatakan bahwa daftar barang saran relevan dan secara signifikan membantu mereka menemukan barang yang dibutuhkan tanpa harus menghafal atau menelusuri katalog produk yang berjumlah lebih dari 2.000 item secara manual. Seorang Marketer menyatakan “sangat relevan, saya bisa menemukan barang lain yang saya inginkan tanpa saya perlu mengingat.”

2. Penemuan Potensi Produk Pelengkap yang Tidak Terduga

Pengguna menganggap fitur rekomendasi ini sebagai tambahan yang 'kreatif'. Sistem secara aktif menyajikan kemungkinan barang pelengkap yang sebelumnya tidak terpikirkan oleh Marketer. Temuan ini memvalidasi secara langsung keberhasilan logika Hybrid Collaborative Filtering dalam menemukan pola keterkaitan produk pelengkap lintas kategori yang implisit.

Sebagai contoh, ketika Marketer memilih produk Corong Kaca Duran (kategori Glassware), sistem tidak hanya merekomendasikan alat kaca lainnya, tetapi juga menyertakan Hansaplast (kategori P3K & Medis) dan Kaset Kain (kategori Peralatan Kebersihan). Rekomendasi lintas kategori ini didasarkan pada pola historis pembelian pelanggan laboratorium yang secara konsisten membeli alat kaca bersamaan dengan perlengkapan keselamatan dan kebersihan. Pada proses manual, pola seperti ini sangat bergantung pada ingatan individu dan pengalaman jangka panjang Marketer, sehingga sering terlewatkan.

3. Efisiensi Waktu Penyusunan Draft

Seluruh pengguna sepakat bahwa sistem secara nyata mempercepat dan meringkas proses pembuatan draft penawaran dibandingkan metode manual sebelumnya. Fitur ini mempermudah penyajian opsi kebutuhan pembeli secara komprehensif. Seorang Supervisor mencatat “ya, mempermudah dalam menyajikan kemungkinan kebutuhan pembeli yang menerima penawaran” dan marketer bilang “sangat membantu dan sangat ringkas dalam pembuatan”

Capaian ini secara kualitatif memenuhi target efisiensi proses bisnis yang diharapkan, di mana Marketer tidak lagi perlu membuka dokumen penawaran lama atau katalog fisik untuk menyusun draft awal.

Ketiga temuan utama di atas secara kolektif membuktikan bahwa sistem rekomendasi yang diimplementasikan bisa berfungsi sebagai Decision Support System yang memberikan nilai bisnis nyata bagi CV. EKHABIMA. Sistem berhasil:

- Mengurangi ketergantungan pada ingatan individu Marketer
- Menemukan peluang produk pelengkap yang terlewatkan dalam proses manual
- Mempercepat proses operasional tanpa mengorbankan kualitas penawaran

4.7 Ringkasan Hasil Evaluasi dengan Threshold Bab 3

Sub-bab ini merangkum seluruh hasil pengujian dan evaluasi yang telah dipaparkan pada Sub-bab 4.1 hingga 4.6, dan membandingkannya secara langsung dengan ambang batas (threshold)

yang telah ditetapkan pada Sub-bab 3.3. Rangkuman ini disajikan untuk memberikan gambaran utuh mengenai sejauh mana tujuan teknis dan tujuan bisnis penelitian telah tercapai.

Tabel 4. 18 Hasil evaluasi terhadap threshold bab 3

No.	Aspek Evaluasi	Threshold (Bab 3.3)	Hasil Aktual	Keterangan
1	Waktu respons API (NF1)	≤ 2.000 ms	9 ms – 747 ms	Terpenuhi
2	Hit Rate@5	> 0.30	97,67%	Melebihi Ekspektasi
3	Precision@5	> 0.20	40,00%	Melebihi Ekspektasi
4	Coverage (Hybrid vs Pure CF, K=5)	Peningkatan variasi vs Pure CF	6,55% vs 3,30% (+98,5%)	Kenaikan Skor Coverage
5	Ketahanan sistem (zero empty recommendation)	100% skenario menghasilkan output	100,00% (3 dari 3 jalur: ibcf, label_fallback, popularity_fallback)	Terpenuhi
6	Skor System Usability Scale (SUS)	68 (<i>Good</i>)	77,5	Excellent/Good
7	Fungsionalitas sistem (Blackbox Testing)	Seluruh skenario fungsional berjalan sesuai spesifikasi	13/13	Berhasil Semua (100%)
8	Efisiensi Waktu Penyusunan Draf	Penghematan waktu minimal 25%	Penghematan $> 50\%$ (berdasarkan observasi)	Melebihi Ekspektasi

Berdasarkan Tabel 4.18, aspek-aspek yang berkaitan dengan kinerja teknis sistem, yaitu waktu respons API dan ketahanan sistem terhadap kondisi tepi (edge case), telah memenuhi threshold yang ditetapkan dengan margin yang memadai. Waktu respons tertinggi yang teramati (240 ms) berada jauh di bawah batas 2.000 ms, sementara seluruh skenario fallback yang diuji (ibcf, label_fallback, dan popularity_fallback) terbukti selalu menghasilkan output rekomendasi, tanpa satu pun kasus yang mengembalikan daftar kosong.

Pada aspek akurasi model, hasil evaluasi Leave-One-Out menunjukkan Hit Rate@5 sebesar 97,67% dan Precision@5 sebesar 40,00%. Kedua metrik ini telah berhasil melampaui threshold yang ditetapkan pada Bab 3.3, yaitu Hit Rate@5 $\geq 30\%$ dan Precision@5 $\geq 20\%$. Tingginya akurasi ini membuktikan bahwa logika Hybrid mampu menangkap pola pembelian pelanggan dengan sangat baik. Sementara itu, meskipun nilai Coverage terlihat kecil (6,55% pada K=5), tetapi ini adalah refleksi objektif dari karakteristik dataset Proof of Concept yang memiliki tingkat sparsity sangat tinggi (86,0%) dengan katalog produk yang besar (2.060 produk) namun

jumlah customer yang terbatas (53 customer). Yang paling krusial secara bisnis, model Hybrid berhasil membuktikan keunggulannya dengan meningkatkan Coverage sebesar 98,5% dibandingkan model Pure CF. Ini berarti sistem berhasil memitigasi popularity bias dan memberikan peluang penawaran produk pelengkap pada produk berpermintaan rendah yang sebelumnya terpinggirkan.

Pada aspek penerimaan pengguna, sistem berhasil meraih skor rata-rata System Usability Scale (SUS) sebesar 77,5. Angka ini telah memenuhi dan melampaui threshold Bab 3.3 (≥ 68) dengan kategori Excellent/Good, yang mengindikasikan bahwa antarmuka sistem sangat mudah diadopsi oleh Marketer dan Supervisor tanpa memerlukan pelatihan ulang yang signifikan. Selain itu, pengujian Blackbox Testing menunjukkan tingkat kelulusan 100% (13/13 Skenario Usecase), membuktikan bahwa integrasi microservice antara Laravel dan FastAPI berjalan stabil. Secara kualitatif, target efisiensi waktu penyusunan draf yang ditetapkan sebesar minimal 25% juga berhasil dilampaui, di mana observasi langsung menunjukkan penghematan waktu hingga lebih dari 50%. Umpan balik dari pengguna juga mengonfirmasi bahwa 100% responden merasa rekomendasi yang dihasilkan relevan dan secara aktif membantu menemukan peluang produk pelengkap lintas kategori yang sebelumnya terlewatkan dalam proses manual.

Secara keseluruhan, hasil-hasil yang dipaparkan pada Bab 4 ini menunjukkan bahwa Sistem Informasi Penawaran dan Pengelolaan Dokumen Customer pada CV. Ekhabima beserta modul Hybrid Collaborative Filtering yang terintegrasi di dalamnya berhasil memenuhi seluruh kebutuhan non-fungsional terkait performa dan ketahanan, serta menunjukkan keunggulan kuantitatif yang konsisten terhadap pendekatan Pure Collaborative Filtering. Studi kasus bisnis pada Sub-bab 4.4 memberikan bukti kualitatif bahwa sistem berfungsi sebagai Decision Support System yang memberikan nilai tambah nyata, sejalan dengan posisi penelitian ini sebagai Proof of Concept penerapan sistem rekomendasi pada proses bisnis penawaran, bukan sebagai pengganti pengambilan keputusan oleh Marketer. Dengan demikian, seluruh hasil pada Bab 4 ini menegaskan kembali bahwa model rekomendasi *Hybrid Collaborative Filtering* merupakan kontribusi utama penelitian, sedangkan Sistem Informasi Penawaran dan Pengelolaan Dokumen berperan sebagai sarana implementasi yang memastikan model tersebut dapat digunakan secara efektif dalam aktivitas operasional perusahaan.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi, dan evaluasi yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Collaborative Filtering* terbukti mampu membantu merekomendasikan barang yang akan ditawarkan. Model *Hybrid Collaborative Filtering* yang menggabungkan *Item-Based Collaborative Filtering* (bobot $\alpha = 0,6$) dan *Label Similarity* (bobot $\alpha = 0,4$) berhasil diimplementasikan dan mampu menghasilkan rekomendasi produk yang relevan bagi marketer pada saat penyusunan dokumen penawaran, termasuk menemukan pola keterkaitan produk pelengkap lintas kategori yang tersembunyi. Sistem juga memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap *edge case* seperti *item cold-start* dan *missing label* melalui mekanisme *fallback* bertingkat, yang menjamin 100% permintaan rekomendasi selalu menghasilkan output tanpa ada yang kosong.
2. Performa model *Collaborative Filtering* yang diimplementasikan dalam sistem informasi penawaran, ditinjau dari relevansi rekomendasi, melampaui ekspektasi akurasi. Berdasarkan evaluasi *Leave-One-Out* dengan $K=5$, model menghasilkan *Hit Rate* sebesar 97,67% (threshold $\geq 30\%$) dan *Precision* sebesar 40,00% (threshold $\geq 20\%$). Selain itu, logika *Hybrid* terbukti secara signifikan meningkatkan *Coverage* sebesar 98,5% dibandingkan model *Pure CF*, yang mengindikasikan keberhasilan sistem dalam memitigasi *popularity bias* dan memberikan peluang penawaran produk pelengkap pada produk berpermintaan rendah. Waktu respons API layanan rekomendasi tercatat sangat cepat, berada pada rentang 9 ms hingga 747 ms, jauh di bawah batas maksimal kebutuhan non-fungsional (NF1) yaitu ≤ 2.000 ms.
3. Kinerja sistem berbasis web dengan fitur rekomendasi, yang diukur menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS), terbukti mampu membantu proses pembuatan dan pengelolaan dokumen secara efektif. Sistem meraih skor SUS rata-rata sebesar 77,5 yang masuk dalam kategori *Excellent/Good*, didukung hasil pengujian *Blackbox* dengan tingkat kelulusan 100% (13/13 skenario use case). Secara kualitatif, sistem berhasil berfungsi sebagai *Decision Support System* yang efektif: mengurangi beban kognitif *Marketer* dalam menghafal katalog 2.060 produk dan memangkas waktu penyusunan draf penawaran hingga lebih dari 50% dibandingkan proses manual.

5.2 Saran

Guna pengembangan dan penyempurnaan penelitian serta sistem di masa mendatang, penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penanganan Data Sparsity dan Skalabilitas Model: Dataset yang digunakan dalam penelitian ini masih bersifat *Proof of Concept* dengan tingkat *sparsity* yang tinggi (86,0%). Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambah volume data historis transaksi secara berkala. Jika skala data telah menjadi sangat masif (ratusan ribu interaksi), evaluasi penggunaan algoritma *Matrix Factorization* (seperti SVD) atau *Deep Learning-based Collaborative Filtering* (seperti Neural Collaborative Filtering) dapat dipertimbangkan untuk menangani *sparsity* dan meningkatkan akurasi prediksi secara lebih komprehensif.
2. Evaluasi Dampak Bisnis Jangka Panjang (Online Evaluation): Evaluasi pada penelitian ini masih berfokus pada pengujian *offline* (metrik akurasi) dan persepsi pengguna jangka

pendek. Disarankan untuk melakukan pengujian *A/B testing* atau *online evaluation* dalam lingkungan produksi nyata selama beberapa bulan. Hal ini bertujuan untuk mengukur dampak aktual fitur rekomendasi terhadap metrik bisnis perusahaan, seperti peningkatan *conversion rate* penawaran menjadi PO, peningkatan nilai rata-rata transaksi (*average order value*), dan realisasi omzet dari produk pelengkap yang direkomendasikan.

3. Migrasi Infrastruktur dan Aksesibilitas Mobile: Mengingat sistem saat ini di-*deploy* pada PC Supervisor sebagai server lokal (LAN), aksesibilitas *Marketer* terbatas pada area kantor. Disarankan untuk melakukan migrasi infrastruktur ke *cloud server*. Hal ini akan memungkinkan pengembangan antarmuka *mobile-responsive*, sehingga sistem dapat diakses secara *real-time* ketika diluar jangkauan jaringan kantor.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahari Sojahrood, Z., & Taleai, M. (2021). A POI group recommendation method in location-based social networks based on user influence. *Expert Systems with Applications*, 171, 114593. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114593>
- Beliakov, G., Bustince Sola, H., & Calvo, T. (2016). *A Practical Guide to Averaging Functions* (Vol. 329). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24753-3>
- Bembenik, R., Orzoł, M., & Maciąg, P. (2025). Improving Location Recommendations Based on LBSN Data Through Data Preprocessing. *Electronics*, 14(4), 701. <https://doi.org/10.3390/electronics14040701>
- Berente, N., Vandenbosch, B., & Aubert, B. (2009). Information flows and business process integration. *Business Process Management Journal*, 15(1), 119–141. <https://doi.org/10.1108/14637150910931505>
- Blinowski, G., Ojdowska, A., & Przybyłek, A. (2022). Monolithic vs. Microservice Architecture: A Performance and Scalability Evaluation. *IEEE Access*, 10, 20357–20374. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3152803>
- Breese, J., Heckerman, D., & Kadie, C. (1998). *Empirical Analysis of Predictive Algorithms for Collaborative Filtering*. 43–52. <https://arxiv.org/pdf/1301.7363>
- Deldjoo, Y., Anelli, V. W., Zamani, H., Bellogín, A., & Di Noia, T. (2021). A flexible framework for evaluating user and item fairness in recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 31(3), 457–511. <https://doi.org/10.1007/s11257-020-09285-1>
- Dormann, C. F., Calabrese, J. M., Guíllera-Arroita, G., Matechou, E., Bahn, V., Bartoń, K., Beale, C. M., Ciuti, S., Elith, J., Gerstner, K., Guelat, J., Keil, P., Lahoz-Monfort, J. J., Pollock, L. J., Reineking, B., Roberts, D. R., Schröder, B., Thuiller, W., Warton, D. I., ... Hartig, F. (2018). Model averaging in ecology: a review of Bayesian, information-theoretic, and tactical approaches for predictive inference. *Ecological Monographs*, 88(4), 485–504. <https://doi.org/10.1002/ecm.1309>
- Elbashir, M. Z., Collier, P. A., & Davern, M. J. (2008). Measuring the effects of business intelligence systems: The relationship between business process and organizational performance. *International Journal of Accounting Information Systems*, 9(3), 135–153. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2008.03.001>
- Fayyaz, Z., Ebrahimian, M., Nawara, D., Ibrahim, A., & Kashef, R. (2020). Recommendation Systems: Algorithms, Challenges, Metrics, and Business Opportunities. *Applied Sciences*, 10(21), 7748. <https://doi.org/10.3390/app10217748>
- Feng, J., Fengs, X., Zhang, N., & Peng, J. (2018). An improved collaborative filtering method based on similarity. *PLOS ONE*, 13(9), e0204003. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204003>
- Fkih, F. (2022). Similarity measures for Collaborative Filtering-based Recommender Systems: Review and experimental comparison. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(9), 7645–7669. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.09.014>

- Gao, C., Li, S., Lei, W., Chen, J., Li, B., Jiang, P., He, X., Mao, J., & Chua, T.-S. (2022). KuaiRec. *Proceedings of the 31st ACM International Conference on Information & Knowledge Management*, 540–550. <https://doi.org/10.1145/3511808.3557220>
- Gasser, U., & Almeida, V. A. F. (2017). A Layered Model for AI Governance. *IEEE Internet Computing*, 21(6), 58–62. <https://doi.org/10.1109/MIC.2017.4180835>
- Gebauer, J., & Schober, F. (2006). Information System Flexibility and the Cost Efficiency of Business Processes. *Journal of the Association for Information Systems*, 7(3), 122–147. <https://doi.org/10.17705/1jais.00084>
- Gemino, A., & Parker, D. (2009). Use Case Diagrams in Support of Use Case Modeling. *Journal of Database Management*, 20(1), 1–24. <https://doi.org/10.4018/jdm.2009010101>
- Guo, G., Qiu, H., Tan, Z., Liu, Y., Ma, J., & Wang, X. (2017). Resolving data sparsity by multi-type auxiliary implicit feedback for recommender systems. *Knowledge-Based Systems*, 138, 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2017.10.005>
- He, X., He, Z., Song, J., Liu, Z., Jiang, Y.-G., & Chua, T.-S. (2018). NAIS: Neural Attentive Item Similarity Model for Recommendation. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 30(12), 2354–2366. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2018.2831682>
- Idrissi, N., & Zellou, A. (2020). A systematic literature review of sparsity issues in recommender systems. *Social Network Analysis and Mining*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.1007/s13278-020-0626-2>
- Isinkaye, F. O., Folajimi, Y. O., & Ojokoh, B. A. (2015). Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. *Egyptian Informatics Journal*, 16(3), 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2015.06.005>
- Jannach, D., Mobasher, B., & Berkovsky, S. (2020). Research directions in session-based and sequential recommendation. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 30(4), 609–616. <https://doi.org/10.1007/s11257-020-09274-4>
- Jiang, L., Cheng, Y., Yang, L., Li, J., Yan, H., & Wang, X. (2019). A trust-based collaborative filtering algorithm for E-commerce recommendation system. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(8), 3023–3034. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0928-7>
- Jin, W., Liu, T., Cai, Y., Kazman, R., Mo, R., & Zheng, Q. (2021). Service Candidate Identification from Monolithic Systems Based on Execution Traces. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 47(5), 987–1007. <https://doi.org/10.1109/TSE.2019.2910531>
- Ko, H., Lee, S., Park, Y., & Choi, A. (2022). A Survey of Recommendation Systems: Recommendation Models, Techniques, and Application Fields. *Electronics*, 11(1), 141. <https://doi.org/10.3390/electronics11010141>
- Natarajan, S., Vairavasundaram, S., Natarajan, S., & Gandomi, A. H. (2020). Resolving data sparsity and cold start problem in collaborative filtering recommender system using Linked Open Data. *Expert Systems with Applications*, 149, 113248. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113248>
- Nguyen, L. V., Hong, M.-S., Jung, J. J., & Sohn, B.-S. (2020). Cognitive Similarity-Based Collaborative Filtering Recommendation System. *Applied Sciences*, 10(12), 4183. <https://doi.org/10.3390/app10124183>

- Nguyen, L. V., Vo, Q.-T., & Nguyen, T.-H. (2023). Adaptive KNN-Based Extended Collaborative Filtering Recommendation Services. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(2), 106. <https://doi.org/10.3390/bdcc7020106>
- Polatidis, N., & Georgiadis, C. K. (2016). A multi-level collaborative filtering method that improves recommendations. *Expert Systems with Applications*, 48, 100–110. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.11.023>
- Rafique, Y., Wu, J., Muzaffar, A. W., & Rafique, B. (2024). An enhanced integrated fuzzy logic-based deep learning techniques (EIFL-DL) for the recommendation system on industrial applications. *PeerJ Computer Science*, 10, e2529. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2529>
- Rosenberg, D., & Stephens, M. (2007). *Use Case Driven Object Modeling with UML*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-0369-8>
- Şahin, M. (2021). A comprehensive analysis of weighting and multicriteria methods in the context of sustainable energy. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(6), 1591–1616. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02922-7>
- Senapati, T., & Yager, R. R. (2019). Fermatean fuzzy weighted averaging/geometric operators and its application in multi-criteria decision-making methods. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 85, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.05.012>
- Shahin, M., Zahedi, M., Babar, M. A., & Zhu, L. (2019). An empirical study of architecting for continuous delivery and deployment. *Empirical Software Engineering*, 24(3), 1061–1108. <https://doi.org/10.1007/s10664-018-9651-4>
- Silveira, T., Zhang, M., Lin, X., Liu, Y., & Ma, S. (2019). How good your recommender system is? A survey on evaluations in recommendation. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 10(5), 813–831. <https://doi.org/10.1007/s13042-017-0762-9>
- Singh, R. H., Maurya, S., Tripathi, T., Narula, T., & Srivastav, G. (2020). Movie Recommendation System using Cosine Similarity and KNN. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(5), 556–559. <https://doi.org/10.35940/ijeat.E9666.069520>
- Tapia, F., Mora, M. Á., Fuertes, W., Aules, H., Flores, E., & Toulkeridis, T. (2020). From Monolithic Systems to Microservices: A Comparative Study of Performance. *Applied Sciences*, 10(17), 5797. <https://doi.org/10.3390/app10175797>
- Thakker, U., Patel, R., & Shah, M. (2021). A comprehensive analysis on movie recommendation system employing collaborative filtering. *Multimedia Tools and Applications*, 80(19), 28647–28672. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10965-2>
- Ukey, N., Yang, Z., Li, B., Zhang, G., Hu, Y., & Zhang, W. (2023). Survey on Exact kNN Queries over High-Dimensional Data Space. *Sensors*, 23(2), 629. <https://doi.org/10.3390/s23020629>
- Waris, M., Zaman Fakhar, M., Gulsoy, M., Yalcin, E., & Bilge, A. (2024). A Novel Pre-Processing Technique to Combat Popularity Bias in Personality-Aware Recommender Systems. *IEEE Access*, 12, 183230–183251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3510475>
- Wynn, D. C., & Clarkson, P. J. (2018). Process models in design and development. *Research in Engineering Design*, 29(2), 161–202. <https://doi.org/10.1007/s00163-017-0262-7>

Xia, Z., Sun, A., Xu, J., Peng, Y., Ma, R., & Cheng, M. (2024). Contemporary Recommendation Systems on Big Data and Their Applications: A Survey. *IEEE Access*, 12, 196914–196928. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3517492>

Zangerle, E., & Bauer, C. (2023). Evaluating Recommender Systems: Survey and Framework. *ACM Computing Surveys*, 55(8), 1–38. <https://doi.org/10.1145/3556536>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Observasi Dokumen Penawaran

Kode Dokumen	Pelanggan	Kategori Dominan	Contoh Item
000202	Rejo Agung	Bahan Kimia	Sulphuric Acid, Hydrochloric Acid, NaOH Pellets
06819	Natura Perisa Aroma	Cat / Coating	Cat Genteng Jotun, Cat Dasar Besi, Thiner
020224	Kebon Agung	Bahan Kimia (Lab)	Buffer Solution pH 4, pH 7
025425	PG Rendeng	Alat Ukur	Manometer Clock, Thermometer Payung/Raket/Spiral
026805	PG Gending	Alat Ukur / Lab	Oven Memmert, Oven Binder, Analytical Balance
030719	PG Rendeng	Alat Ukur	Manometer Raket, Thermometer Payung/Raket/Spiral
025519	Tunas Nusantara Persada	Pertanian	Planter Bag, Ajir Tanaman
014711	PG Kremboong	Alat Ukur / Lab	Baume Weiger, PH Meter, Air Raksa Teknis

Lampiran 2 Gambar Dokumen Penawaran 025425

No	Nama Barang	Jumlah	Satuan	Harga/Satuan	PPN 11%	HARGA INCLUDE PPN	TOTAL	Keterangan
1	MANOMETER CLOCK Ø 6" SKALA 0-400 KG/CM2 ROCKWELL JAKO	2	BH	Rp 206.250	Rp 22.688	Rp 228.938	Rp 457.875	Ready Stock
2	MANOMETER RAKET Ø 10" SKALA 0-1.6 KG/CM2 BROTO TERM	1	BH	Rp 1.368.750	Rp 150.563	Rp 1.519.313	Rp 1.519.313	Ready Stock
3	MANOMETER CLOCK Ø 6" SKALA 0-6 KG/CM2 ROCKWELL JAKO	1	BH	Rp 206.250	Rp 22.688	Rp 228.938	Rp 228.938	Ready Stock
4	THERMOMETER PAYUNG Ø 6" SKALA 0-160°C 20CM ROCKWELL JAKO	2	BH	Rp 343.750	Rp 37.813	Rp 381.563	Rp 763.125	Ready Stock
5	THERMOMETER RAKET Ø 6" SKALA 0-600°C 15CM ROCKWELL JAKO	2	BH	Rp 537.500	Rp 59.125	Rp 596.625	Rp 1.193.250	Ready Stock
6	THERMOMETER SPIRAL Ø 6" SKALA 0-500°C 15METER ROCKWELL JAKO	2	BH	Rp 1.000.000	Rp 110.000	Rp 1.110.000	Rp 2.220.000	Ready Stock
TOTAL INCLUDE PPN 11%							Rp 6.382.500	

Lampiran 3 Gambar Dokumen Penawaran 030719

030719_PG RENDENG_Manometer raket.xls [Compatibility Mode] - Ex...

File Home Insert Draw Page Layout Formulas Data Review View Developer Help Terabox

D11

CV. EKHABIMA INDOJAYA
GENERAL TRADE-SUPPLIER LABORATORIUM : ANALYTICAL + TECHNICAL
Perum. Kemiri Indah Blok A5 - 03, Kemiri - Sidoarjo 61234, Jawa Timur - Indonesia
E-mail : ebim2349@gmail.com Telp/Fax : +6231 8947709

Nomor : 030719/Twr-EB/XII-24
Perihal : Penawaran
Kepada : PT. Sinergi Gula Nusantara
PG. Rendeng
UP

Dengan hormat,
Berikut penawaran harga barang - barang dari kami :

No	Nama Barang	Jumlah	Satuan	Harga/Satuan	PPN 11%	HARGA INCLUDE PPN	TOTAL	Keterangan
1	Manometer raket 6" Skala 0-100 kg/cm2	1	PCS	Rp 450.000	Rp 49.500	Rp 499.500	-	kosong
2	Manometer raket 6" Skala 0-40 kg/cm2 besi	1	PCS	Rp 450.000	Rp 49.500	Rp 499.500	-	Ready Stock
3	Manometer raket 6" Skala 0-6 kg/cm2 besi	1	PCS	Rp 450.000	Rp 49.500	Rp 499.500	-	Ready Stock
4	Thermometer payung 6" Skala 0-160c Qty 1 stk 15cm	1	PCS	Rp 550.000	Rp 60.500	Rp 610.500	-	Ready Stock
5	termometer raket 6" Skala 0-500c stk 15cm	1	PCS	Rp 550.000	Rp 60.500	Rp 610.500	-	Ready Stock
6	Thermometer spiral 6" Skala 0-500c 5 meter	1	PCS	Rp 1.500.000	Rp 165.000	Rp 1.665.000	-	Ready Stock
TOTAL INCLUDE PPN 11%							Rp 3.885.000	

Lampiran 4 Gambar Dokumen Penawaran 06819

06819-Natura Perisa Aroma Cat.xls [Compatibility Mode] - Excel

File Home Insert Draw Page Layout Formulas Data Review View Developer Help Terabox

F10

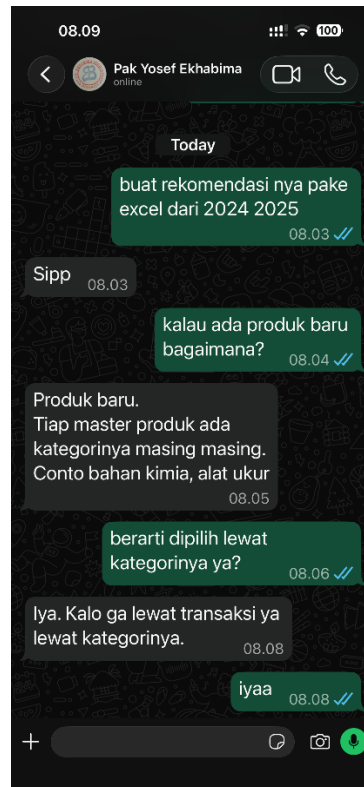
CV. EKHABIMA INDOJAYA
GENERAL TRADE-SUPPLIER LABORATORIUM : ANALYTICAL + TECHNICAL
Perum. Kemiri Indah Blok A5 - 03, Kemiri - Sidoarjo 61234, Jawa Timur - Indonesia
E-mail : ebim2349@gmail.com Telp/Fax : +6231 8947709

Nomor : 06819/Twr-EB/IV-24
Perihal : Penawaran
Kepada : PT. Natura Perisa Aroma
Lampung
UP

Dengan hormat,
Berikut penawaran harga barang - barang dari kami :

No	Nama Barang	Jumlah	Satuan	Harga/Satuan	Harga Total	Keterangan
1	Cat Genteng Jotun Jotarroof Warna Tar-5366 @2,5 Liter	5	Jar	Rp 450.000	Rp 2.250.000	ready stock
2A	Cat Dasar Besi Jotun Gardex Primer 5L Meni Besi Jotun White	2	Jar	Rp 550.000	Rp 1.100.000	ready stock
2B	Cat Dasar Besi Jotun Gardex Primer 1L Meni Besi Jotun White	2	Jar	Rp 140.000	Rp 280.000	ready stock
3	Cat Kayu/Besi Jotun Hi-gloss 8364 Open Greenery 0.9Ltr	1	Jar	Rp 200.000	Rp 200.000	ready stock
4	Pengencer cat minyak / Thiner 1 KG	3	Btl	Rp 50.000	Rp 150.000	ready stock

Lampiran 5 Diskusi dengan Supervisor



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 25 April 2004, merupakan anak Ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Katolik Untung Suropati Sidoarjo, SMP Katolik Untung Suropati Sidoarjo, dan SMA Negeri 1 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sidoarjo tahun 2022, Penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di Departemen Teknik Informatika FTEIC - ITS pada tahun 2022 dan terdaftar dengan NRP 5025221174.

Pada level Institut, Penulis aktif pada beberapa kepanitiaan seperti 3C (Catholic Community Cup) dari organisasi KMK ITS sebagai Staf Ahli Dokumentasi dan menjadi panitia dari acara Welcome Party KMK ITS

Di Departemen Teknik Informatika Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan oleh Departemen, Schematics 2023 sebagai staf 3DE dan Schematics 2024 sebagai Staff Ahli Divisi Creative.