

PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN PERGUDANGAN BERBASIS WEB DENGAN OPTIMASI PENGIRIMAN MENGGUNAKAN VOGEL'S APPROXIMATION METHOD

David Betrand Marcelino Simanungkalit, Geri Kusnanto, Puteri Noraisya Primandari

Teknik Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya

davidbetrand18@gmail.com,

ABSTRAK

Dalam era persaingan bisnis yang semakin kompetitif, efisiensi operasional dan optimalisasi biaya menjadi faktor krusial bagi perusahaan untuk mempertahankan daya saingnya. CV. Abadi Mandiri Perkasa, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang penjualan dan distribusi pipa (HDPE, PVC, dan PPR), masih menggunakan sistem distribusi manual yang belum mempertimbangkan aspek optimasi biaya pengiriman secara sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem informasi manajemen gudang berbasis web yang terintegrasi dengan fitur pengelolaan stok dan optimasi rute distribusi menggunakan pendekatan Vogel's Approximation Method (VAM). Metode VAM dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan solusi awal distribusi yang lebih dekat dengan optimal dibandingkan metode lainnya seperti North West Corner dan Least Cost. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pencatatan stok secara real-time dan otomatisasi perhitungan jalur distribusi berdasarkan biaya minimum. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi proses distribusi baik dari sisi waktu maupun biaya, serta mampu mengeliminasi kesalahan akibat proses manual sebelumnya. Temuan ini memberikan kontribusi nyata terhadap pemanfaatan teknologi dalam mendukung efisiensi logistik, serta membuka peluang strategis bagi perusahaan untuk meningkatkan daya saingnya di pasar.

Kata kunci : sistem informasi, VAM

1. PENDAHULUAN

Persaingan dalam dunia usaha saat ini berkembang sangat pesat. Setiap perusahaan dituntut untuk memiliki strategi dan keunggulan kompetitif guna menguasai pasar yang semakin kompetitif. Dalam konteks ini, perusahaan harus mampu menyesuaikan diri dan meningkatkan daya saing agar dapat bertahan dan berkembang. Tiga komponen penting yang sangat memengaruhi keberhasilan perusahaan distribusi seperti CV. Abadi Mandiri Perkasa (CV.AMP) adalah waktu, biaya, dan mutu.

Menurut [1], dalam sistem perdagangan terdapat beberapa pendekatan yang dapat diterapkan untuk mencapai solusi optimal. Salah satu pendekatan yang relevan adalah efisiensi dalam proses distribusi. Kempa dalam [1] menambahkan bahwa efisiensi distribusi dapat dicapai dengan mengurangi biaya pengiriman tanpa mengabaikan kecepatan waktu pengiriman. Dengan demikian, diperlukan sistem distribusi yang tidak hanya efisien secara biaya, tetapi juga efektif dari segi waktu.

CV.AMP adalah perusahaan yang berdiri pada tahun 2020 dan berpusat di Surabaya. Perusahaan ini bergerak dalam bidang penjualan dan distribusi berbagai jenis pipa seperti pipa HDPE, PVC, dan PPR. Barang-barang tersebut disimpan di gudang utama sebelum dikirimkan kepada pelanggan. Seiring dengan pertumbuhan perusahaan, jumlah pelanggan dan stok barang pun meningkat, sehingga sistem pengelolaan distribusi harus disesuaikan dengan kebutuhan yang lebih kompleks.

Namun, hingga saat ini, CV.AMP belum memiliki metode khusus dalam menentukan jalur pengiriman yang efisien. Pengambilan keputusan dalam proses distribusi masih dilakukan secara manual tanpa mempertimbangkan biaya optimal. Kondisi ini dapat menyebabkan pemborosan waktu dan biaya, serta menurunkan efisiensi dalam proses administrasi dan pengiriman barang. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem informasi yang dapat membantu perusahaan dalam mengelola distribusi secara efisien dan tepat sasaran.

Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah *Vogel Approximation Method* (VAM). VAM merupakan metode transportasi yang mampu meminimalkan biaya distribusi dengan mempertimbangkan indeks harga terendah dari setiap baris dan kolom [2]. Dibandingkan dengan metode lain seperti *North West Corner* (NWC) dan *Least Cost*, VAM lebih efektif dalam menghasilkan solusi awal yang mendekati optimal [3], sehingga sesuai digunakan oleh CV.AMP.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas metode VAM dalam menekan biaya distribusi. Salah satu studi oleh [2] pada UKM Rajawali Kaca dan Aluminium membuktikan bahwa metode ini menghasilkan biaya paling minimum dibandingkan metode lain. Namun, implementasi langsung VAM dalam bentuk sistem informasi berbasis web masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang aplikasi sistem informasi distribusi barang yang mempermudah proses administrasi dan meningkatkan

efisiensi pengiriman pada CV.AMP dengan menerapkan metode VAM.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian oleh [4] bertujuan mengoptimalkan biaya distribusi produk mainan menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan *Stepping Stone Method*. Sebelumnya, perhitungan biaya distribusi dilakukan dengan metode *North West Corner* (NWC). Dalam penelitian ini, VAM digunakan untuk mendapatkan solusi awal, kemudian diuji keoptimalannya dengan metode *Stepping Stone*. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan VAM menghasilkan biaya distribusi yang lebih rendah sebesar Rp99.525 dibandingkan dengan metode NWC.

Penelitian oleh [5] meninjau dan membandingkan beberapa metode transportasi untuk mengoptimalkan biaya distribusi. Metode yang dianalisis meliputi VAM, MODI, dan *Stepping Stone*. Hasilnya menunjukkan bahwa VAM merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan karena kemampuannya menghasilkan solusi awal yang efisien dalam distribusi barang dari berbagai sumber ke berbagai tujuan dengan biaya minimum.

[6] menerapkan VAM untuk mengoptimalkan distribusi *manhour* dalam tugas pemeliharaan pesawat. Tujuannya adalah untuk mengalokasikan tenaga kerja secara efisien. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan VAM mampu menghemat waktu dan biaya dibandingkan metode lain seperti *Northwest Corner*. Prinsip yang digunakan dalam optimasi tersebut juga relevan dalam pengelolaan gudang dan distribusi barang, khususnya dalam menentukan rute dan alokasi pengiriman yang optimal.

[7] melakukan penelitian pada PT. XYZ yang bergerak di bidang konstruksi PLTS. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan biaya pengiriman panel surya dari gudang ke lokasi proyek di Pulau Jawa. Hasilnya menunjukkan bahwa metode VAM mampu menurunkan biaya distribusi menjadi Rp318.391.711 dari sebelumnya Rp382.298.080, yang disebabkan oleh ketidakefisienan rute distribusi awal.

Penelitian oleh [8] pada pabrik penggilingan padi OSAD di Bandung membandingkan tiga metode transportasi: *North West Corner Method* (NWCR), *Least Cost Method*, dan VAM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VAM menghasilkan biaya distribusi terendah sebesar Rp2.520.000, lebih hemat dibandingkan dengan NWCR sebesar Rp2.900.000 dan *Least Cost* sebesar Rp2.530.000.

Penelitian lainnya oleh [8] juga dilakukan pada PT. Saprotan Utama Nusantara, perusahaan distribusi produk pertanian. Tujuan penelitian adalah untuk menekan biaya distribusi herbisida. Biaya distribusi sebelumnya sebesar Rp147.900.000 berhasil dikurangi menjadi Rp124.650.000 setelah menggunakan metode transportasi termasuk VAM, menghasilkan penghematan sebesar Rp23.250.000. Dari ketiga metode yang digunakan, VAM terbukti paling efisien.

2.1. Sistem Informasi Gudang

Sistem informasi berperan penting dalam mendukung aktivitas manusia, khususnya dalam bisnis. Penerapannya berdampak signifikan bagi pengelola, terutama dalam sektor penjualan yang melibatkan banyak produk. Pengelolaan data yang terstruktur dibutuhkan untuk menghindari kesalahan dalam operasional bisnis, terutama dalam pencatatan gudang yang menjadi aspek penting distribusi barang [9].

Sistem informasi gudang berbasis web memberikan kemudahan dalam proses pencatatan barang masuk dan keluar tanpa perlu pencatatan manual. Sistem ini juga membantu memastikan data stok tercatat rapi dan mudah diakses, sehingga mendukung pengambilan keputusan dalam kegiatan bisnis [9].

Aplikasi sistem informasi gudang dirancang untuk mengelola data persediaan ke dalam database, meminimalkan kesalahan *input-output*, serta mempermudah pembuatan laporan sesuai kebutuhan. Seluruh data disimpan dengan aman dan siap digunakan kapan saja sesuai aturan sistem [10].

2.2. Model Transportasi

Model transportasi merupakan salah satu bentuk pemrograman linier yang digunakan untuk mengirimkan produk dari beberapa sumber ke sejumlah tujuan dengan tujuan meminimalkan biaya pengiriman [4]. Setiap sumber memiliki kapasitas tertentu, sementara setiap tujuan memiliki permintaan yang harus dipenuhi. Model ini bertujuan menemukan solusi optimal berdasarkan variabel-variabel yang dibatasi oleh kendala-kendala tertentu. Untuk menentukan solusi awal, dapat digunakan metode seperti *North West Corner*, *Least Cost*, dan *Vogel's Approximation Method* (VAM) [4].

Menurut [11], model transportasi dikembangkan untuk membantu pengambilan keputusan dalam distribusi barang atau sumber daya dari beberapa titik asal ke berbagai tujuan secara efisien.

Formulasi model transportasi dengan asumsi terdapat m sumber dan n tujuan. Setiap sumber memiliki kapasitas a_i ($i = 1, 2, m$), dan setiap tujuan membutuhkan b_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Jumlah unit yang dikirim dari sumber i ke tujuan j dinotasikan sebagai X_{ij} , dengan ongkos per unit sebesar C_{ij} . Fungsi objektifnya adalah meminimalkan total ongkos pengiriman, yang dirumuskan sebagai:

Fungsi tujuan : Meminimumkan

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Dengan Batasan :

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

$X_{ij} \geq 0$ (untuk seluruh i dan j)

Tujuan dari persoalan transportasi adalah untuk menemukan pola pengiriman yang optimal dengan meminimalkan total biaya pengiriman dari semua sumber ke semua tujuan. Suatu model transportasi dikatakan seimbang apabila total supply sama dengan total demand atau jumlah permintaan di seluruh tujuan.

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (3)$$

Dalam praktiknya, batasan keseimbangan antara total supply dan total demand tidak selalu terpenuhi. Jumlah persediaan yang tersedia bisa saja lebih besar atau lebih kecil dibandingkan dengan permintaan. Jika kondisi ini terjadi, maka model transportasi tersebut disebut sebagai model tidak seimbang. Untuk mengatasi hal ini, dapat ditambahkan sumber atau tujuan fiktif (*dummy*) agar model menjadi seimbang.

Apabila total supply melebihi total demand, maka ditambahkan satu tujuan baru ke- $n+1$ dengan permintaan sebesar selisih antara total supply dan total demand, yaitu:

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j \quad (4)$$

Biaya pengiriman ke tujuan dummy ini ditetapkan nol ($C_{i,n+1} = 0$) untuk setiap i . Dan ongkos pengiriman $C_{i,n+1} = 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dalam hal ini $X_{i,n+1}$ merupakan supply yang tidak digunakan.

2.3. Vogel's Approximation Method (VAM)

Vogel's Approximation Method (VAM), dikenal juga sebagai metode penalti, diperkenalkan oleh W.R. Vogel pada tahun 1948. Metode ini umumnya menghasilkan solusi awal yang lebih baik dan mendekati optimal dibandingkan metode *North West Corner* dan *Least Cost* [3]. VAM digunakan untuk mencari solusi awal dalam model transportasi dengan cara menghitung selisih antara dua biaya terendah pada setiap baris dan kolom. Nilai penalti terbesar kemudian dipilih, dan alokasi dilakukan pada sel dengan biaya terendah di baris atau kolom tersebut [4].

Menurut Kurniawan dalam [12] Metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mencari biaya minimum pada persoalan transportasi. Metode ini merupakan sebuah heuristik dan biasanya memberikan pemecahan awal yang lebih baik daripada metode *North West Corner* atau metode *Least Cost*. Dalam penentuan solusi awal VAM menetapkan konsep denda (*Penalty Cost*), yaitu selisih antara dua biaya terendah pada setiap baris atau kolom.

Tabel 1. Vogel approximation method

Dari	Tujuan				Persediaan (Supply)
	1	2	...	n	
1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	...	c_{1n} x_{1n}	a_1
2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	...	c_{2n} x_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...
	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	...	c_{mn} x_{mn}	a_m
Permintaan (Demand)	b_1	b_2	...	b_n	

Keterangan:

X_{ij} = Unit barang yang dikirim dari sumber i ke tujuan j

C_{ij} = Biaya per unit barang yang dikirim dari sumber i ke tujuan j

a_i = Kapasitas penawaran (supply) barang dari sumber i

b_j = Kapasitas permintaan (demand) barang dari sumber j

S_i = Daerah sumber penawaran

T_j = Daerah tujuan permintaan

Menurut Yanto dalam [12] langkah-langkah dalam menyelesaikan masalah transportasi menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) adalah sebagai berikut:

- Susun data kebutuhan dan biaya pengangkutan ke dalam bentuk matriks transportasi. Buatlah tabel yang memuat jumlah permintaan setiap tujuan dan jumlah pasokan dari setiap sumber
- Hitung selisih antara dua nilai biaya terkecil pada setiap baris dan kolom matriks. Temukan dua biaya terendah dalam setiap baris dan kolom, lalu cari selisihnya sebagai nilai penalti atau perbedaan
- Identifikasi nilai penalti terbesar di antara semua baris dan kolom. Dari seluruh nilai selisih yang dihitung, pilih satu yang memiliki nilai tertinggi sebagai prioritas alokasi.
- Lakukan alokasi pada sel biaya terkecil di baris atau kolom terpilih. Tentukan sel dengan biaya terendah di baris atau kolom tersebut, lalu alokasikan jumlah maksimum yang mungkin (terendah antara suplai dan permintaan).
- Coret baris atau kolom yang kapasitasnya telah terpenuhi. Setelah alokasi, hilangkan baris atau kolom yang jumlah permintaan atau pasokannya sudah habis, karena tidak dapat dialokasikan lagi.

- f. Ulangi perhitungan penalti dan alokasi untuk sisa baris dan kolom. Lakukan kembali langkah perhitungan selisih biaya, pemilihan nilai penalti terbesar, dan alokasi hingga seluruh kebutuhan dan pasokan telah terdistribusi.
- g. Setelah seluruh alokasi selesai, hitung total biaya transportasi. Jumlahkan seluruh biaya dari setiap alokasi (jumlah barang dikalikan biaya per unit) untuk memperoleh total biaya distribusi.
- h. Jika terdapat dua nilai penalti yang sama besar, gunakan strategi tambahan untuk menentukan prioritas alokasi. Apabila terdapat dua nilai penalti tertinggi yang sama, periksa sel di perpotongan antara baris dan kolom tersebut. Jika biaya pada sel tersebut adalah yang terendah dibandingkan sel lainnya dalam baris dan kolom tersebut, maka alokasi dilakukan di situ. Jika tidak, maka pilih salah satu antara baris atau kolom untuk dilakukan alokasi.

2.4. GPS

GPS memiliki kemampuan untuk menentukan lokasi suatu objek secara akurat di permukaan bumi dengan menggunakan sinyal satelit. Selain itu, GPS juga mampu mengukur berbagai variabel turunan yang penting dalam analisis pergerakan, seperti kecepatan, percepatan (akselerasi), arah pergerakan, jarak tempuh, serta selang waktu antar posisi [13]. Teknologi ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, mulai dari navigasi kendaraan, sistem pelacakan logistik, hingga pemantauan aktivitas dalam sistem informasi geografis. Dengan integrasi data spasial dan temporal yang dihasilkan, GPS menjadi alat yang esensial dalam mendukung proses pengambilan keputusan berbasis lokasi secara real-time dan presisi tinggi.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan cara yang digunakan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam suatu penelitian. Tujuan dari teknik ini adalah untuk mendapatkan data yang valid, akurat, dan relevan guna mendukung proses analisis dan kesimpulan. Pemilihan teknik yang tepat sangat penting agar kualitas data yang diperoleh dapat dipercaya dan mendukung validitas penelitian. Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui dua metode, yaitu:

a. Observasi

Metode observasi adalah teknik pengumpulan data yang melibatkan pengamatan langsung terhadap perilaku, kejadian, atau fenomena yang diamati dalam situasi dan lingkungan tertentu. Observasi yang dilakukan pada lingkungan kerja CV. AMP merupakan observasi secara langsung. Observasi juga dilakukan dengan cara diskusi dengan pihak pengelola CV. AMP mengenai hal-hal yang berhubungan dengan penelitian.

b. Studi literatur

Dalam studi literatur, peneliti mengumpulkan informasi dan pengetahuan dari berbagai sumber yang terdokumentasi, termasuk jurnal ilmiah dan sumber *online*. Jurnal ilmiah merupakan salah satu sumber utama yang menjadi prioritas yang digunakan dalam penelitian ini, karena jurnal ilmiah menyajikan hasil penelitian yang telah melalui proses per-review dan telah diverifikasi keakuratannya.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Pengolahan data dilakukan secara kualitatif melalui metode observasi dan studi literatur. Proses ini mencakup analisis, penyimpulan, pemilahan, serta pengubahan data menjadi informasi yang lebih mudah dipahami. Pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami fenomena secara mendalam dengan menelusuri makna di balik perilaku dan konteks sosialnya. Melalui analisis metodologis, pendekatan ini membantu peneliti dalam mengumpulkan dan menganalisis data guna memperoleh wawasan yang lebih komprehensif terhadap topik yang diteliti [14].

3.3. Kebutuhan Fungsional

Sistem informasi pengelolaan pengiriman barang memiliki beberapa kebutuhan fungsional yang harus dipenuhi agar proses operasional dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan peran pengguna. Adapun kebutuhan fungsional sistem adalah sebagai berikut:

- a. Sistem menyediakan fitur login sebagai mekanisme autentikasi untuk seluruh pengguna.
- b. Sistem menyediakan fitur untuk mengelola seluruh data operasional. Fitur ini mencakup kemampuan untuk menambahkan, mengubah, menghapus, serta menampilkan data.
- c. Sistem dapat menjalankan atau melakukan perhitungan VAM
- d. Sistem dapat menghasilkan output berupa hasil optimasi distribusi.

3.4. Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional menjelaskan aspek teknis dan operasional yang harus dipenuhi oleh sistem agar dapat berfungsi secara maksimal. Dalam sistem informasi manajemen gudang ini, kebutuhan non-fungsional mencakup sejumlah kriteria pendukung yang memastikan sistem berjalan secara efisien, aman, dan sesuai dengan standar yang diharapkan.

Kebutuhan non-fungsional adalah sebagai berikut :

- a. Sistem bisa diakses dari berbagai *browser*.
- b. Memastikan antarmuka pengguna yang mudah digunakan.
- c. Dalam pengoperasiannya, sistem informasi harus selalu dalam kondisi prima.

3.5. Model Proses Pengembangan dan Perancangan Perangkat Lunak

Penelitian ini menggunakan model pengembangan waterfall. Menurut [15], model waterfall merupakan model pengembangan perangkat lunak yang terstruktur dan berurutan. Setiap tahap diselesaikan secara bertahap, di mana tahapan selanjutnya dimulai hanya setelah tahap sebelumnya selesai sepenuhnya.

Menurut [16], model pengembangan waterfall terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan secara berurutan, yaitu:

a. Analisis kebutuhan

Tahap pengumpulan informasi mengenai kebutuhan pengguna dan antarmuka sistem. Tujuannya adalah merumuskan kebutuhan perangkat lunak agar solusi yang dibangun sesuai harapan.

b. Desain sistem

Merancang struktur perangkat lunak, mencakup struktur data, arsitektur, antarmuka pengguna, dan alur pengkodean.

c. Implementasi

Menerjemahkan desain ke dalam kode program menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai hingga menghasilkan perangkat lunak siap diuji.

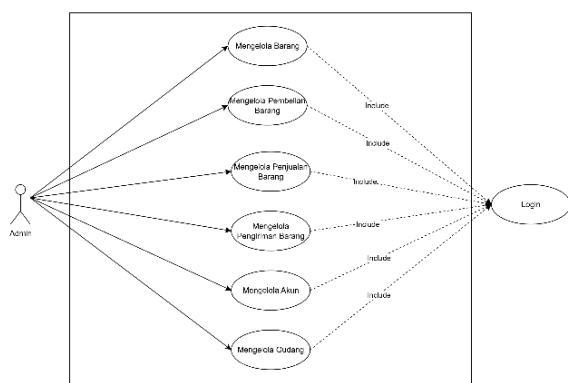
d. Pengujian

Memastikan setiap fungsi perangkat lunak berjalan sesuai desain dan seluruh bagian telah diuji dengan baik.

e. Pemeliharaan

Menyesuaikan perangkat lunak terhadap kebutuhan baru dan mengatasi kesalahan, agar tetap relevan dengan perkembangan sistem dan teknologi.

3.6. Use Case Diagram



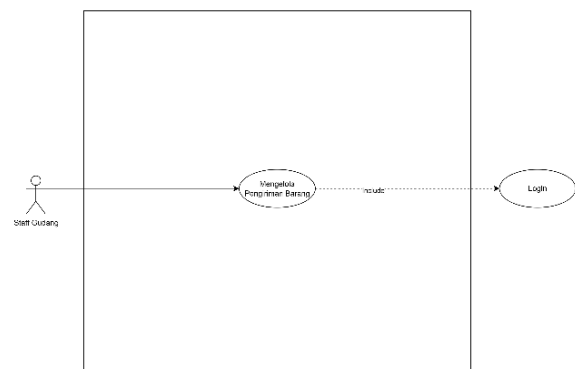
Gambar 1. Use case diagram admin

Skenario Kasus Penggunaan atau *Use Case Diagram* digunakan untuk menggambarkan kebutuhan-kebutuhan fungsional yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Menurut [17] *use case* mengidentifikasi fungsi yang ada dalam sistem dan juga interaksi antara *user* dengan sistem. Diagram ini memberikan gambaran singkat hubungan antara

use case, aktor, dan sistem tanpa menjelaskan secara detail penggunaan setiap *use case*. *Use case diagram* dari sistem manajemen gudang dan optimasi pengiriman dapat dilihat pada gambar 1.

Pada Gambar 1 menunjukkan diagram *use case* sistem informasi pengelolaan barang dengan satu aktor utama, yaitu *admin*. *Admin* harus melakukan *login* terlebih dahulu sebelum dapat mengakses fitur-fitur sistem, yang ditunjukkan dengan relasi *include* pada setiap *use case*. Proses *login* menjadi syarat wajib untuk memastikan keamanan dan pembatasan akses pengguna terhadap seluruh fungsi yang tersedia dalam sistem.

Setelah berhasil *login*, *admin* dapat menjalankan berbagai aktivitas seperti mengelola barang, pembelian, penjualan, pengiriman, akun, dan gudang. Setiap aktivitas digambarkan sebagai *use case* tersendiri yang saling terhubung dengan proses *login*. Diagram ini memberikan gambaran umum mengenai alur interaksi antara pengguna dan sistem serta menunjukkan bahwa seluruh proses pengelolaan data dilakukan secara terpusat dan terstruktur.



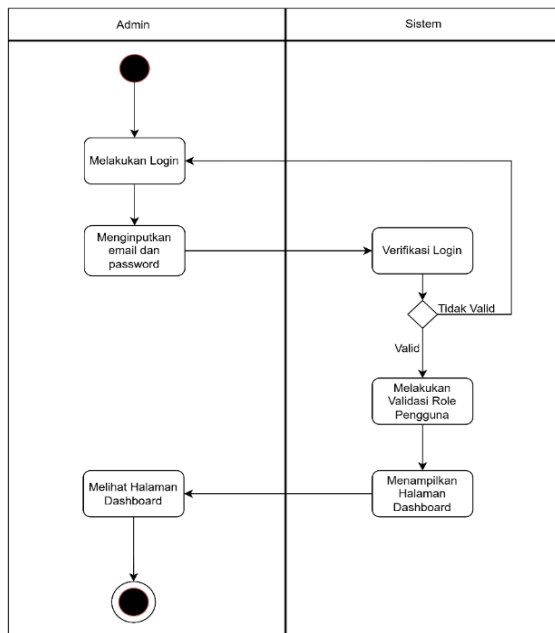
Gambar 2. Use case diagram staff gudang

Pada gambar 2 merupakan diagram *use case* yang menggambarkan aktivitas pengelolaan pengiriman barang dalam sistem. Aktor yang berperan dalam proses ini adalah *staff gudang*, yang bertanggung jawab untuk mengatur dan mencatat pengiriman barang. Sebelum menjalankan fungsionalitas tersebut, *staff gudang* diwajibkan untuk melakukan proses *login*, yang ditunjukkan dengan relasi *include* antara *use case* “Mengelola Pengiriman Barang” dan “Login”. Hal ini menunjukkan bahwa *login* merupakan tahapan awal yang bersifat wajib sebagai bentuk autentikasi pengguna.

Setelah berhasil *login*, *staff gudang* dapat mengakses fitur pengelolaan pengiriman barang, seperti melihat detail pengiriman, memperbarui status pengiriman.

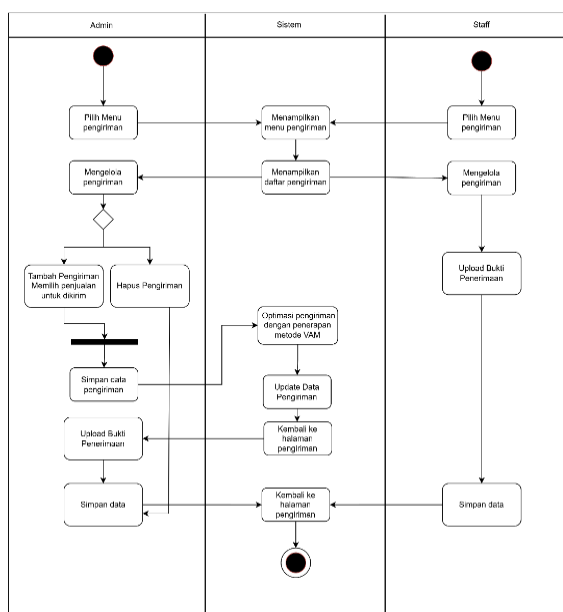
3.7. Activity Diagram

Activity Diagram adalah diagram yang menunjukkan alur proses interaksi secara vertikal antara pengguna dan sistem.



Gambar 3. Activity diagram login

Pada activity diagram pada gambar 3. Menunjukkan proses *login*. Pengguna dapat melakukan *login* kepada sistem yang dimulai dengan melakukan akses pada *website* lalu melakukan pengisian pada form yang sudah disediakan oleh sistem yaitu *email* dan *password*. Setelah itu akan dilakukan verifikasi login yang apabila ditolak mengembalikan pesan terdapat kesalahan data dan apabila ditemukan kecocokan maka dilanjutkan ke penetapan *role* pengguna dan setelah itu akan muncul dashboard pengguna yang sesuai dengan *role* pengguna.



Gambar 4. Activity diagram pengiriman

Pada activity diagram gambar 4 alur proses pengiriman barang dalam sistem. Proses dimulai

ketika admin memilih menu pengiriman, dan sistem akan menampilkan halaman menu pengiriman, selanjutnya admin dapat memilih opsi, untuk tambah pengiriman, admin akan menambahkan data pengiriman dengan memilih penjualan yang siap untuk dikirim, dan ada juga hapus pengiriman, hapus pengiriman tidak akan bisa dilakukan ketika status pengirimannya itu selesai dikirimkan. Ketika admin sudah menambahkan pengiriman dan menyimpan data, sistem otomatis akan melakukan optimasi pengiriman jumlah barang menggunakan metode VAM lalu akan mengupdate data pengiriman, setelah itu penambahan pengiriman diselesaikan dengan kembali ke halaman pengiriman

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Perhitungan VAM

Perhitungan distribusi menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) telah diimplementasikan secara otomatis di dalam sistem yang telah saya bangun. Proses pengambilan keputusan untuk alokasi pasokan ke tujuan dilakukan langsung oleh sistem berdasarkan algoritma VAM tanpa perlu intervensi manual, sehingga mempercepat proses perhitungan serta meminimalkan risiko kesalahan *input*. Berikut adalah hasil dari perhitungan yang sudah diimplementasikan dalam sistem

Barang Pipa PVC 1/2"

Costs Matrix for Pipa PVC 1/2"

GUDANG / TUJUAN	BAGUS (20 UNIT)	ROSA (50 UNIT)	BENNY (30 UNIT)
Gudang 1 (81 unit)	1.448	6.591	6.229
Gudang 2 (30 unit)	2.721	3.962	5.011
Gudang 3 (61 unit)	8.690	5.504	8.475

Allocation Matrix for Pipa PVC 1/2"

GUDANG / TUJUAN	BAGUS	ROSA	BENNY	RETURN	TOTAL SUPPLY
Gudang 1	20	-	-	61	81
Gudang 2	-	-	30	-	30
Gudang 3	-	50	-	11	61
Total Demand	20	50	30	72	172

Gambar 5. Hasil implementasi VAM

Pada gambar 5 menampilkan hasil perhitungan distribusi barang Pipa PVC 1/2 yang dihasilkan secara otomatis oleh sistem menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM). Pada bagian atas tabel ditampilkan *Costs Matrix*, yang menunjukkan biaya pengiriman per unit dari masing-masing gudang (gudang 1, gudang 2, dan gudang 3) ke setiap tujuan (Bagus, Rosa, dan Benny). Nilai-nilai tersebut menjadi dasar dalam menentukan strategi alokasi distribusi dengan total biaya serendah mungkin.

Bagian kedua dari gambar merupakan *Allocation Matrix*, yaitu hasil akhir dari proses perhitungan VAM yang dilakukan oleh sistem. Terlihat bahwa sistem berhasil mendistribusikan total permintaan sebanyak 100 unit ke tiga tujuan secara optimal, dan sisa pasokan sebesar 72 unit dialokasikan ke kolom *Return* (*dummy destination*) untuk menampung kelebihan pasokan dari ketiga gudang. Hal ini penting karena total supply (172 unit) melebihi total demand (100 unit).

Hasil yang ditampilkan pada gambar ini selanjutnya akan dibandingkan dengan perhitungan manual untuk memastikan validitas algoritma dan keakuratannya dalam melakukan alokasi biaya minimum sesuai prinsip VAM.

Tabel 2. Tabel awal perhitungan VAM manual

Gudang	Tujuan			Supply
	A	B	C	
1	1448	6591	6229	81
2	2721	3662	3011	30
3	8690	5504	8475	61

Pada Tabel 2. merupakan bentuk awal perhitungan metode VAM secara manual yang strukturnya sama persis dengan yang digunakan dalam sistem. Tabel ini berisi informasi biaya distribusi dari masing-masing gudang ke setiap tujuan serta jumlah persediaan di setiap gudang.

Tabel ini menjadi dasar untuk melakukan perhitungan manual menggunakan langkah-langkah VAM murni, yang meliputi perhitungan penalti, pemilihan sel dengan biaya *minimum*, dan proses alokasi secara bertahap hingga seluruh permintaan terpenuhi. Dengan menggunakan tabel ini, hasil perhitungan manual nantinya dapat dibandingkan langsung dengan hasil yang dihasilkan oleh sistem, untuk memastikan bahwa algoritma yang diterapkan dalam sistem berjalan dengan benar dan akurat.

Tabel 3. Perhitungan manual VAM iterasi 1

Gudang	Tujuan			Supply	Penalty Cost
	Bagus	Rosa	Benny		
1	1448 20	6591	6229	81	4781
2	2721	3662	3011	30	290
3	8690	5504	8475	61	2971
Demand	20	50	30		
Penalty Cost	1273	1842	3218		

Pada tabel 3 di atas menunjukkan hasil dari iterasi pertama dalam perhitungan manual menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM). Pada tahap ini, dilakukan perhitungan penalti baik pada masing-masing baris (gudang) maupun kolom (tujuan) dengan cara menghitung selisih antara dua nilai biaya terendah dalam satu baris atau kolom. Nilai penalti ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan prioritas alokasi, di mana baris atau kolom dengan penalti tertinggi dianggap memiliki potensi penghematan biaya terbesar jika dialokasikan terlebih dahulu.

Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa penalti tertinggi terdapat pada gudang 1, yaitu sebesar 4781. Oleh karena itu, gudang 1 dipilih sebagai sumber alokasi pada iterasi ini. Di antara ketiga tujuan (Bagus, Rosa, dan Benny), biaya terendah dari gudang 1 adalah

ke tujuan Bagus dengan nilai sebesar 1.448. Maka, alokasi dilakukan dari gudang 1 ke Bagus sebanyak 20 unit, sesuai dengan jumlah permintaan yang tersedia pada tujuan tersebut. Setelah alokasi dilakukan, permintaan untuk Bagus terpenuhi sepenuhnya, sementara persediaan gudang 1 tersisa 61 unit dari total awal 81 unit. dan akan dilanjutkan ke iterasi berikutnya dengan menghapus *cost* kolom tujuan Bagus dari tabel dan menghitung ulang nilai penalti pada baris dan kolom yang tersisa.

Tabel 4. Perhitungan manual VAM iterasi 2

Gudang	Tujuan			Supply	Penalty Cost
	Bagus	Rosa	Benny		
1	20	6591	6229	61	362
2		3662	3011 30	30	651
3		5504	8475	61	2971
Demand	20	50	30		
Penalty Cost		1842	3218		

Pada tabel 4 di atas menunjukkan hasil dari iterasi kedua dalam perhitungan manual menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM). Selanjutnya, dilakukan kembali perhitungan nilai penalti untuk masing-masing baris dan kolom yang tersisa (Rosa dan Benny).

Berdasarkan hasil perhitungan penalti, diketahui bahwa nilai penalti tertinggi terdapat pada kolom Benny, yaitu sebesar 3.218. Maka, kolom Benny dipilih sebagai alokasi pada iterasi ini. Dari tiga gudang yang masih memiliki persediaan, biaya terendah menuju tujuan Benny adalah dari gudang 2 dengan nilai 3.011. Oleh karena itu, alokasi dilakukan dari gudang 2 ke Benny sebanyak 30 unit, sesuai dengan jumlah permintaan yang tersedia pada tujuan tersebut. Setelah alokasi dilakukan, permintaan untuk Benny terpenuhi sepenuhnya, dan persediaan gudang 2 pun habis (sisa 0 unit). Dengan demikian, kolom tujuan Benny dan baris Gudang 2 akan dikeluarkan dari tabel pada iterasi selanjutnya. Proses kemudian akan dilanjutkan ke iterasi ketiga dengan hanya mempertimbangkan Gudang 1 dan Gudang 3 serta tujuan Rosa.

Tabel 5. Perhitungan manual VAM iterasi 3

Gudang	Tujuan			Supply	Penalty Cost
	Bagus	Rosa	Benny		
1	20	6591		61	
2			30	0	
3		5504 50		61	
Demand	20	50	30		
Penalty Cost		1842			

Pada tabel 5 di atas menunjukkan hasil dari iterasi ketiga dalam perhitungan manual menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM).

Perhitungan penalti dilakukan kembali pada kolom Rosa dengan memperhatikan dua biaya terendah dari gudang yang tersisa. Dari hasil tersebut, diketahui bahwa penalti tertinggi terdapat pada kolom Rosa, yaitu sebesar 1.842. Di antara dua gudang yang masih aktif, biaya pengiriman termurah ke Rosa berasal dari gudang 3, yaitu sebesar 5.504. Maka, alokasi dilakukan dari gudang 3 ke Rosa sebanyak 50 unit, sesuai dengan total permintaan pada tujuan tersebut. Setelah proses alokasi selesai, permintaan dari Rosa terpenuhi sepenuhnya dan persediaan Gudang 3 tersisa 11 unit.

Tabel 6. Hasil perhitungan manual VAM

Gudang	Tujuan			Dummy	Supply
	Bagus	Rosa	Benny		
1	20			61	61
2			30		0
3		50		11	11
Demand	20	50	30	72	

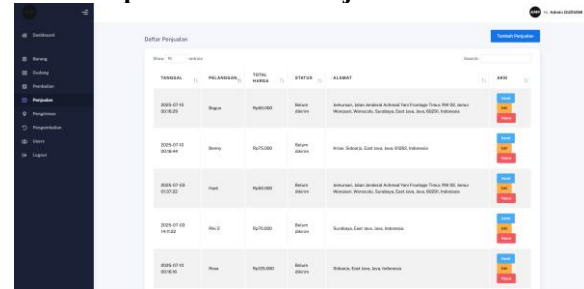
Pada tabel 6 di atas menunjukkan hasil akhir dari proses alokasi perhitungan manual menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM). Pada tahap ini, seluruh permintaan dari ketiga tujuan utama Bagus, Rosa, dan Benny telah terpenuhi secara optimal melalui alokasi dari gudang 1, gudang 2, dan gudang 3 sesuai dengan iterasi sebelumnya.

Karena total persediaan gudang (172 unit) lebih besar dibandingkan total permintaan (100 unit), maka terdapat kelebihan pasokan sebesar 72 unit yang tidak dapat dialokasikan ke tujuan manapun. Untuk mengakomodasi kondisi ini, ditambahkan satu kolom *dummy* sebagai tujuan fiktif. Kolom *dummy* ini digunakan untuk menyerap kelebihan barang tanpa menimbulkan tambahan biaya transportasi.

Pada iterasi terakhir ini, sisa 61 unit dari gudang 1 dan 11 unit dari gudang 3 dialokasikan sepenuhnya ke *dummy*, sehingga seluruh persediaan dari ketiga gudang habis terdistribusi dan seluruh permintaan terpenuhi. Dengan demikian, proses perhitungan manual metode VAM telah selesai dan menghasilkan alokasi yang seimbang antara total *supply* dan total *demand*.

Setelah dilakukan perhitungan manual dengan langkah-langkah VAM, diperoleh hasil alokasi dan total biaya yang identik dengan yang dihasilkan oleh sistem. Hal ini menunjukkan bahwa logika yang digunakan dalam sistem telah berjalan dengan benar dan akurat, serta solusi yang diberikan telah sesuai dengan perhitungan manual.

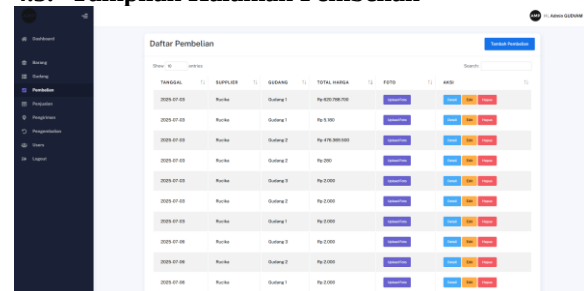
4.2. Tampilan Halaman Penjualan



Gambar 6. Halaman Penjualan

Pada gambar 9 menampilkan halaman daftar penjualan pada sistem. Di dalamnya terdapat informasi seperti tanggal, pelanggan, total harga, status, alamat pengiriman, serta tombol aksi untuk melihat, mengedit, atau menghapus data penjualan. Tampilan ini mempermudah admin dalam memantau dan mengelola transaksi secara efisien.

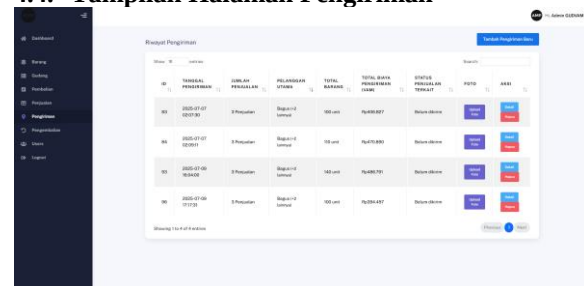
4.3. Tampilan Halaman Pembelian



Gambar 7. Halaman Pembelian

Pada gambar 10 menunjukkan halaman daftar pembelian dalam sistem yang menampilkan informasi seperti tanggal, supplier, gudang tujuan, total harga, status, serta tombol aksi. Fitur ini memudahkan admin dalam melakukan pemantauan dan pengelolaan data pembelian secara terstruktur dan real-time.

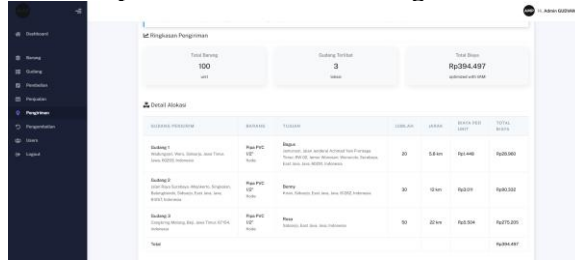
4.4. Tampilan Halaman Pengiriman



Gambar 8. Halaman Pengiriman

Pada gambar 11 memperlihatkan halaman riwayat pengiriman pada sistem yang berisi data tanggal pengiriman, jumlah produk, pelanggan, tujuan, serta total biaya dan status pengiriman. Tersedia juga tombol aksi untuk melihat *detail* atau menghapus data, sehingga memudahkan admin dalam memantau dan mengelola aktivitas pengiriman secara efisien.

4.5. Tampilan Halaman Detail Pengiriman



Gambar 9. Halaman Detail Pengiriman

Pada gambar 12 menampilkan halaman *detail* pengiriman dalam sistem yang sudah dihitung menggunakan metode VAM seperti pada gambar 5 yang berisi total barang yang akan dikirim, jumlah gudang terlibat, serta total biaya pengiriman. Di bawahnya terdapat *detail* alokasi barang dari masing-masing gudang ke tujuan akhir, lengkap dengan informasi jumlah unit, biaya per unit, dan total biaya. Tampilan ini membantu pengguna memahami hasil perhitungan dan distribusi secara menyeluruh dan transparan.

4.6. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur dalam sistem yang telah dibuat dapat berjalan dengan semestinya.

Tabel 7. Pengujian Fungsional

No	Fungsi yang diuji	Berhasil	Gagal
1	Login	✓	-
2	Halaman Dashboard Admin	✓	-
3	Halaman Dashboard Staff	✓	-
4	Halaman Kelola Barang	✓	-
5	Halaman Kelola Gudang	✓	-
6	Halaman Kelola Pembelian	✓	-
7	Halaman Kelola Penjualan	✓	-
8	Halaman Kelola Pengiriman	✓	-
9	Implementasi VAM pada pengiriman	✓	-
10	Halaman Kelola Pengembalian	✓	-
11	Halaman Kelola User	✓	-
12	Log out	✓	-

Keterangan:

✓ : Berhasil

- : Gagal

Tabel 7 menjelaskan hasil dari pengujian sistem, berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, seluruh komponen sistem, termasuk halaman, tombol, dan implementasi metode VAM dalam sistem informasi manajemen gudang, menunjukkan kinerja yang optimal dan berfungsi sesuai yang direncanakan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan Sistem Informasi Manajemen Gudang berbasis web yang dirancang untuk mendukung CV. Abadi Mandiri Perkasa dalam pengelolaan stok barang dan

perencanaan distribusi secara lebih efisien. Sistem ini mengintegrasikan metode Vogel's Approximation Method (VAM), yang terbukti mampu memberikan solusi distribusi dengan biaya minimum. Dengan adanya integrasi antara pengelolaan stok dan perhitungan rute distribusi secara otomatis, sistem ini mampu menggantikan metode manual yang sebelumnya digunakan, sehingga proses distribusi menjadi lebih cepat, akurat, dan hemat biaya. Hasil implementasi menunjukkan bahwa penggunaan sistem ini mampu meningkatkan efisiensi operasional perusahaan, terutama dalam aspek waktu dan biaya distribusi. Oleh karena itu, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknologi, tetapi juga sebagai strategi yang berpotensi memperkuat daya saing perusahaan di tengah persaingan bisnis yang semakin ketat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. W. Astuti and M. Rosha, "Math Unesa," *J. Ilm. Mat.*, vol. 9, no. 2, pp. 437–446, 2021, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/249234-model-infeksi-hiv-dengan-pengaruh-percob-b7e3cd43.pdf>
- [2] N. Dimasuharto, A. M. Subagyo, and R. Fitriani, "Optimalisasi Biaya Pendistribusian Produk Kaca Menggunakan Model Transportasi dan Metode Stepping Stone," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 7, no. 2, pp. 81–88, 2021, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.30656/intech.v7i2.3513>
- [3] N. F. Fatimah, "PERBANDINGAN METODE NORTHWEST CORNER, LEAST COST DAN PENDEKATAN VOGEL DALAM MEMINIMUMKAN BIAYA DISTRIBUSI (Studi)," *Braz Dent J.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–12, 2022.
- [4] W. Arimurti, R. Puspa Sari, D. Herwanto, and C. Falah, "Optimasi Biaya Transportasi Pengiriman Produk Mainan Menggunakan Vogel's Approximation Method Dan Stepping Stone Method (Studi Kasus: Toko Sumber Mainan)," *SITEKIN J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 20, no. 1, pp. 365–374, 2022.
- [5] Nursafwah, N. Matondang, and A. Ishak, "A Literature Review of Distribution Solving Problems by Various Transportation Methods," *J. Sist. Tek. Ind.*, vol. 25, no. 2, pp. 178–187, 2023, doi: 10.32734/jsti.v25i2.9741.
- [6] I. M. De Carlini, M. Arifin, and A. Martina, "Simulation Of C-Check Maintenance Task Card Distribution Using Vogel's Approximation Method," *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 24, no. 1, p. 29, 2025, doi: 10.20961/performa.24.1.85126.
- [7] S. Sapna and Y. Iriani, "Penerapan Metode North West Corner, Least Cost, Dan Vogel's S Approximation Untuk Mengoptimalkan Biaya Transportasi Pada Distribusi Panel Surya Ke

- Setiap,” *J. Ilm. Pendidik. Mat. Mat. dan Stat.*, vol. 6, no. 1, pp. 266–277, 2025.
- [8] D. Haryadi and U. Hasanah, “Comparative Analysis of Transportation Methods in Order to Minimize Distribution Costs,” *Almana J. Manaj. dan Bisnis*, vol. 8, no. 3, pp. 574–580, 2024, doi: 10.36555/almana.v8i3.2719.
- [9] H. Y. Senduk and M. N. N. Sitokdana, “Perancangan Sistem Informasi Pencatatan Gudang Berbasis Website (Studi Kasus Slingbag Salatiga),” *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 9, no. 1, pp. 373–383, 2022, doi: 10.35957/jatisi.v9i1.1503.
- [10] Renaldy and A. Rustam, “Perancangan Sistem Informasi Inventory Berbasis Web Pada Gudang Di Pt. Spin Warriors,” *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 27–32, 2022, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [11] D. Almahdi, R. P. Sari, A. Momon, and D. Mahendra, “Optimasi Biaya Pengiriman dengan Penerapan Metode Least Cost dan Metode Modified Distribution di UMKM Home Industry Tahu,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 4846–4854, 2023.
- [12] S. Syahdan and S. Arianti, “Perbandingan Metode Least Cost dan Vogel’s Approximation (VAM) dalam Optimasi Masalah Transportasi UD. Sari Bumi Raya,” *Jsb*, vol. 2, no. 2, pp. 17–25, 2023, [Online]. Available: <http://journal.unikaltar.ac.id/index.php/JSB/index>
- [13] A. Muhdhor, “EFEKTIVITAS PENGGUNAAN APLIKASI GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) DALAM MENJANGKAU LOKASI TUJUAN (Studi Kasus Pada Mahasiswa Tadris Ilmu Pengetahuan Sosial Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Syarif Hidayatullah Jakarta),” *Skripsi*, pp. 1–5, 2020.
- [14] Y. Rifa’i, “Analisis Metodologi Pengumpulan Data di Penelitian Ilmiah,” *Cendekia Inov. Dan Berbudaya*, vol. 1, no. 1, pp. 31–37, 2023.
- [15] M. Badrul, “Penerapan Metode waterfall untuk Perancangan Sistem Informasi Inventory Pada Toko Keramik Bintang Terang,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 57–52, 2021, doi: 10.30656/prosisko.v8i2.3852.
- [16] L. Lutviana, I. Arfianto, T. F. Rohman, R. B. B. Sumantri, and R. Suryani, “Perancangan Sistem Informasi Akademik Sekolah Dasar Dengan Metode Waterfall Berbasis Website,” *Bul. Sist. Inf. dan Teknol. Islam*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.33096/busiti.v4i1.1550.
- [17] L. Setiyani, “Desain Sistem : Use Case Diagram Pendahuluan,” *Pros. Semin. Nas. Inov. Adopsi Teknol. 2021*, no. September, pp. 246–260, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uui.ac.id/AUTOMATA/article/view/19517>