

Perancangan Solusi Retrofit Sistem Otomasi dengan Analytic Hierarchy Process (AHP): Pendekatan Multi-Kriteria Berbasis Kebutuhan Operasional dan Rancangan *Engineering*

Alda Lumban Gaol*, Djoko Setyanto

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi,
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received 11 July 2025 Accepted 9 November 2025 <i>Keywords:</i> AHP, Retrofit, Automation, Efficiency	<i>This case study aims to design an effective retrofit solution using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The evaluation is based on six main criteria: cost, impact on sortation operations, additional space requirements for fulfillment, impact on the operational network, total implementation time, and overall operational sustainability. The weighting of each criterion is determined through realistic engineering analysis and input from operational experts, ensuring alignment with daily needs and operational workload. Three solution alternatives are analyzed: (1) dismantling, storing, and reinstalling the system at another sortation site; (2) full-system retrofit; and (3) phased retrofit. The results show that the phased retrofit option has the highest priority score, as it reduces long-term costs, minimizes operational disruption, and optimizes space usage. This solution also aligns with the operational network plan, accelerates implementation, and enhances overall sustainability. The AHP-based retrofit approach proves to be an effective solution for improving sortation and fulfillment efficiency.</i>

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diserahkan: 11 Juli 2025 Diterima: 9 November 2025 <i>Kata Kunci:</i> AHP, Retrofit, Otomasi, Efisiensi	Studi kasus ini bertujuan merancang solusi retrofit sistem otomasi yang efektif menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Evaluasi dilakukan berdasarkan enam kriteria utama: biaya, dampak terhadap operasional sortasi, kebutuhan lahan tambahan untuk fulfilment, dampak terhadap jaringan operasional, total waktu implementasi, dan dampak terhadap keberlanjutan operasional. Bobot tiap kriteria ditentukan melalui analisis teknis yang realistis dan masukan dari para ahli operasional, sehingga sesuai dengan kebutuhan harian dan volume kerja perusahaan. Tiga alternatif solusi dianalisis: (1) membongkar, menyimpan, dan memasang ulang sistem di lokasi lain; (2) melakukan retrofit secara keseluruhan; dan (3) melakukan retrofit secara bertahap. Hasil menunjukkan bahwa opsi retrofit bertahap memiliki skor prioritas tertinggi karena mampu menekan biaya jangka panjang, meminimalkan gangguan operasional, dan mengoptimalkan penggunaan lahan. Solusi ini juga mendukung rencana jaringan operasional, mempercepat implementasi, dan meningkatkan keberlanjutan operasional. Pendekatan retrofit berbasis AHP terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi operasional sortasi dan fulfilment

1. PENDAHULUAN

Dalam lingkungan operasional nyata seperti otomasi logistik, pengambilan keputusan merupakan proses yang sangat kompleks karena melibatkan berbagai kriteria yang saling

*Corresponding author. Alda Lumban Gaol
Email address: ALDA.12024006170@student.atmajaya.ac.id

bertentangan, keterbatasan sumber daya, serta dinamika kebutuhan operasional yang terus berubah. Kompleksitas ini semakin meningkat akibat ketidakpastian dan ketidakjelasan informasi yang tersedia, sehingga diperlukan integrasi antara data kuantitatif dan pertimbangan ahli (Chen & Pan, 2018). Pendekatan pengambilan keputusan konvensional sering kali tidak mampu menangkap nuansa kompromi yang diperlukan dalam konteks seperti ini. Untuk mengatasi tantangan tersebut, metode pengambilan keputusan multikriteria (Multi-Criteria Decision Making/MCDM) seperti *Analytic Hierarchy Process* (AHP) menawarkan kerangka kerja sistematis untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan faktor-faktor yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif (Chen & Pan, 2018; Saaty, 1980; Saaty, 1987). AHP memungkinkan pengambil keputusan untuk menguraikan permasalahan kompleks ke dalam hierarki kriteria dan sub-kriteria, sehingga proses pengambilan keputusan menjadi lebih transparan, konsisten, dan dapat dipertanggungjawabkan (Saaty, 1980).

Di Lazada Cimanggis sistem otomasi "Cross Belt" adalah sistem yang digunakan untuk menyortir paket/parsel menuju berbagai destinasi dalam volume besar. Dalam perkembangan teknologi otomasi logistik modern, sistem sortasi seperti cross belt sortation telah menjadi salah satu solusi terancang yang banyak diadopsi untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan proses sortir paket secara otomatis. Teknologi ini merupakan bagian dari transformasi digital dalam kerangka kerja Logistics 4.0, yang mengintegrasikan sistem cerdas dan otomatisasi tingkat tinggi dalam rantai pasok (Springer, 2024). Pada jurnal ini, sistem otomasi cross belt yang digunakan memiliki kapasitas sortir sebesar 27.000 parsel per jam, dengan waktu operasional selama 21 jam.

Pada kasus ini, sistem otomasi "cross belt" yang terpasang di Lazada Cimanggis memiliki beberapa masalah. Dengan investasi sebesar 180 miliar rupiah, pada operasionalnya utilisasi sistem hanya mencapai 10%-20% dari total kapasitas. Selain utilisasi yang rendah, biaya sewa untuk fasilitas gudang sangat tinggi, yaitu 120 ribu rupiah per meter persegi. Dimana sistem otomasi cross belt ini menempati area sebesar 12.300 m², yang menyebabkan kerugian operasional dengan rendahnya utilisasi sistem, area yang ditempati. Selain itu, penempatan sistem juga menutup jalur operasional dan menyebabkan kemacetan (bottleneck) dalam aktivitas operasional.

Masalah yang ditemukan dijelaskan lebih lanjut seperti di bawah:

1. Utilisasi yang rendah: Pada awal perencanaan bisnis, diharapkan bahwa Gudang Lazada Cimanggis akan menjadi pusat sortir paket untuk jaringan operasional Lazada di wilayah selatan. Namun, setelah operasional berjalan, ternyata Gudang Lazada Cimanggis tidak menjadi pusat sortir yang diharapkan. Selain itu, wilayah ini memiliki kepadatan penjual yang rendah, yang turut berkontribusi terhadap rendahnya utilisasi sistem.
2. Kemacetan aktivitas Operasional: Tata letak gedung dan struktur sistem permesinan otomasi "Cross Belt" menyebabkan banyak area yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya tertutup. Akibatnya, aktivitas lanjutan setelah proses sortir terkendala dan menyebabkan kemacetan saat volume paket besar.
3. Biaya Operasional yang Tinggi: Dengan adanya dua masalah yang disebutkan di atas, kerugian operasional menjadi tinggi. Area yang ditempati oleh sistem ini sebenarnya bisa digunakan untuk lini bisnis logistik lainnya, seperti "warehousing and fulfillment".
4. Dampak pada jaringan proses sortir paket.

Di sisi lain, kemacetan operasional dan rendahnya utilisasi pada pusat sortir ini menyebabkan perlunya penyesuaian beban proses di titik-titik sortir lainnya. Dengan

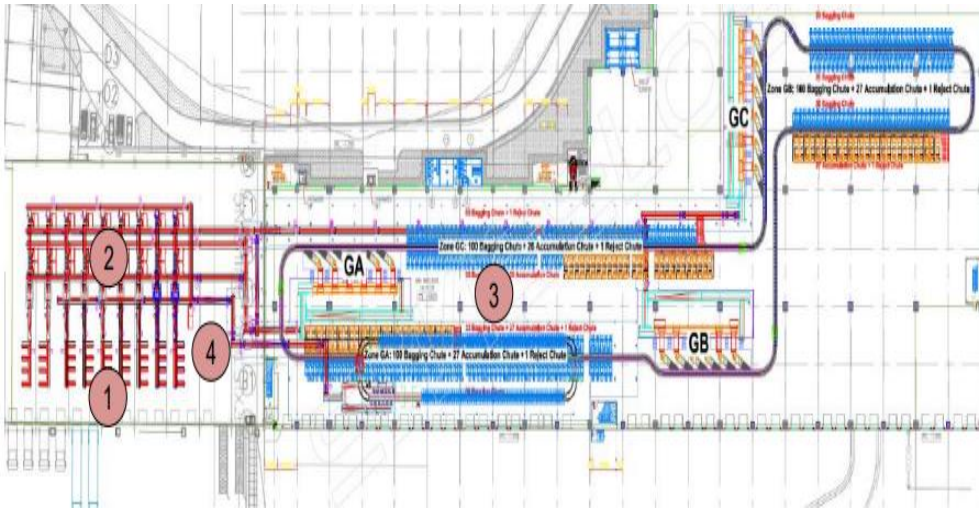
adanya beberapa masalah di atas, serta tujuan dari "Top Management" Lazada, penulis diminta untuk memimpin, merancang solusi, dan mengoordinasikan pemangku kepentingan dalam memberikan serta mengimplementasikan solusi. Tulisan ini menjelaskan metode AHP yang digunakan untuk mengambil Keputusan dari beberapa kriteria terhadap modifikasi sistem otomasi yang mencakup, perancangan solusi, perancangan dan persetujuan “business case”, manajemen proyek, eksekusi, testing dan commissioning, serta penyerahan akhir (*hand over*).

2. METODE PELAKSANAAN

Deskripsi dan penjelasan sistem *cross belt* disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1. Penjelasan Gambar 1 disajikan pada Tabel 2. Penjelasan kapasitas dan alur proses sistem otomasi “Cross Belt Sortation” disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 1.
Deskripsi kapasitas sistem otomasi sortir

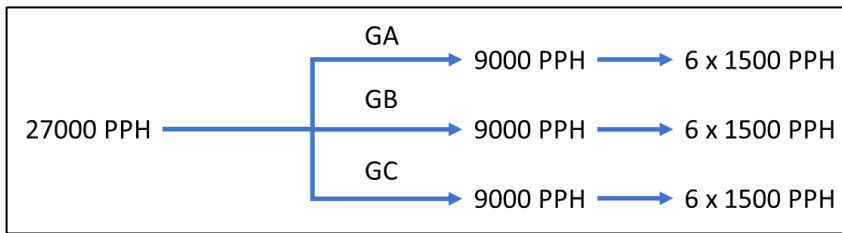
Deskripsi	Penjelasan
Total Area yang digunakan	12.300 m ²
Total Kapasitas	27.000 Parcel Per Jam
Kapasitas sistem Prasortir terdiri dari 9 lini	Masing masing 3000 Parcel Per Jam
Kapasitas Sortir akhir terdiri dari 3 Stasiun (GA, GB dan GC)	Masing Masing 9000 Parcel Per Jam
Masing masing stasiun sortir akhir memiliki 6 lini induksi	Masing masing 1500 Parcel Per Jam



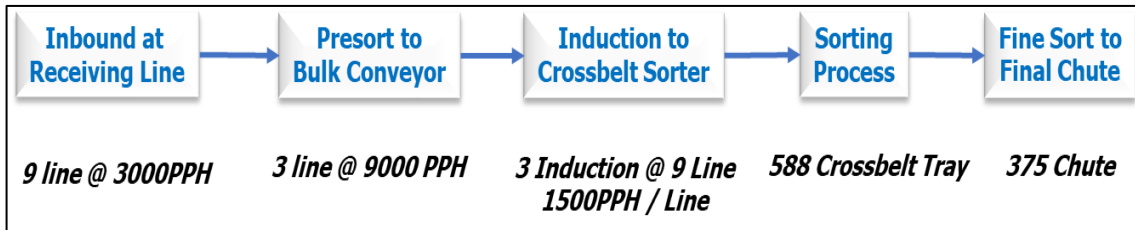
Gambar 1.
Lay Out sistem otomasi sortir cross belt

Tabel 2.
Penjelasan Gambar 1

Nomor	Penjelasan
1.	Induksi prasortir, terdiri dari 9 lini, dengan masing masing kapasitas 3000 Parcel Per Jam
2.	Sistem Pengukuran Berat, Ukuran, dan pengambilan gambar paket, terdiri dari 9 sistem dengan masing masing kapasitas 3000 Parcel Per Jam
3.	“Chute” Tujuan dari sortir yang berupa keranjang untuk menampung paket yang telah di Sortir dengan total Chute = 383.
4.	Transfer Conveyor terdiri dari 3 Conveyor yang mengarahkan ke 3 Stasiun Sortir akhir
5.	Stasiun GA, GB, GC. Yang masing masing stasiun ini memiliki kapasitas total 9000 Parcel Per Jam. Masing masing stasiun ini memiliki 6 stasiun induksi dengan kapasitas 1500 Parcel Per jam

**Gambar 2.**

Penjelasan Kapasitas sistem otomasi “Cross Belt Sortation”.

**Gambar 3.**

Penjelasan Alur Proses sistem otomasi “Cross Belt Sortation”.

**Gambar 4. (a)****(b)**

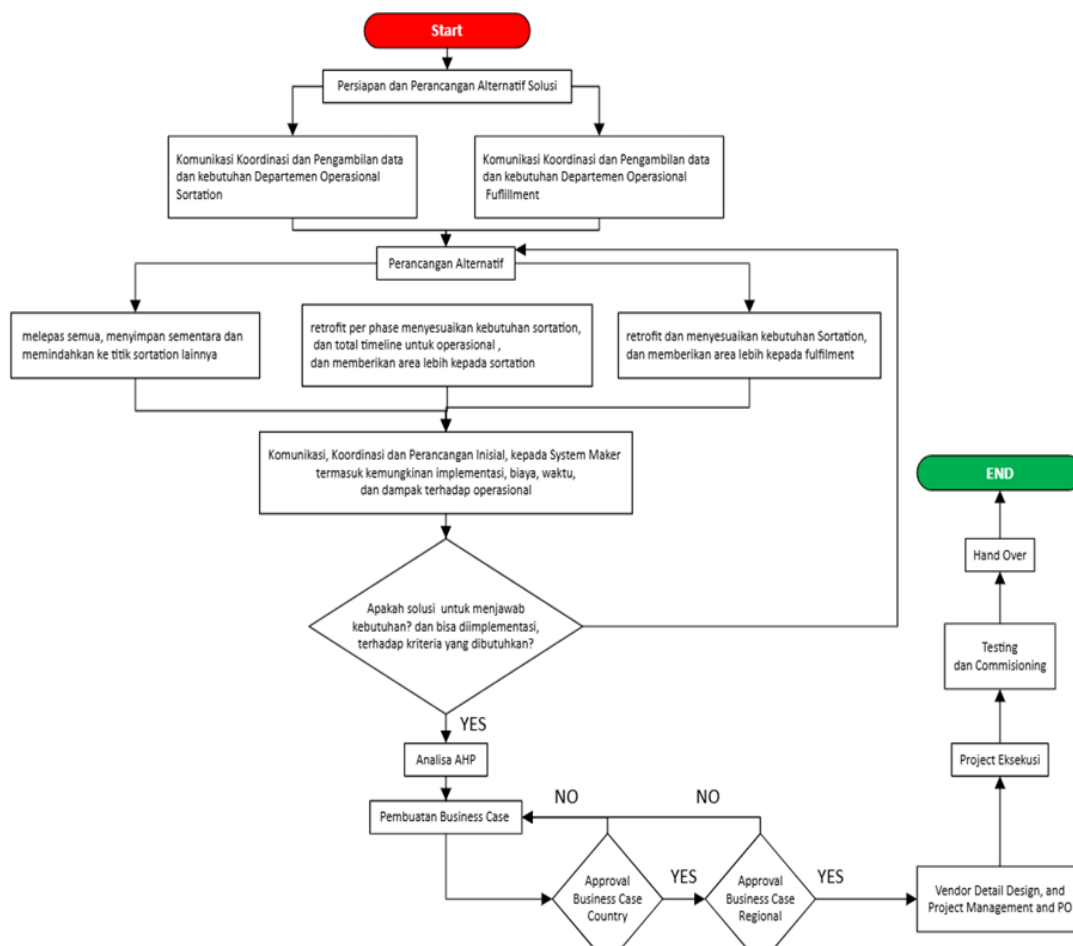
Lini Induksi Pra-sortir (a) dan Lini Induksi Stasiun Sortir akhir (b)

**Gambar 5.**

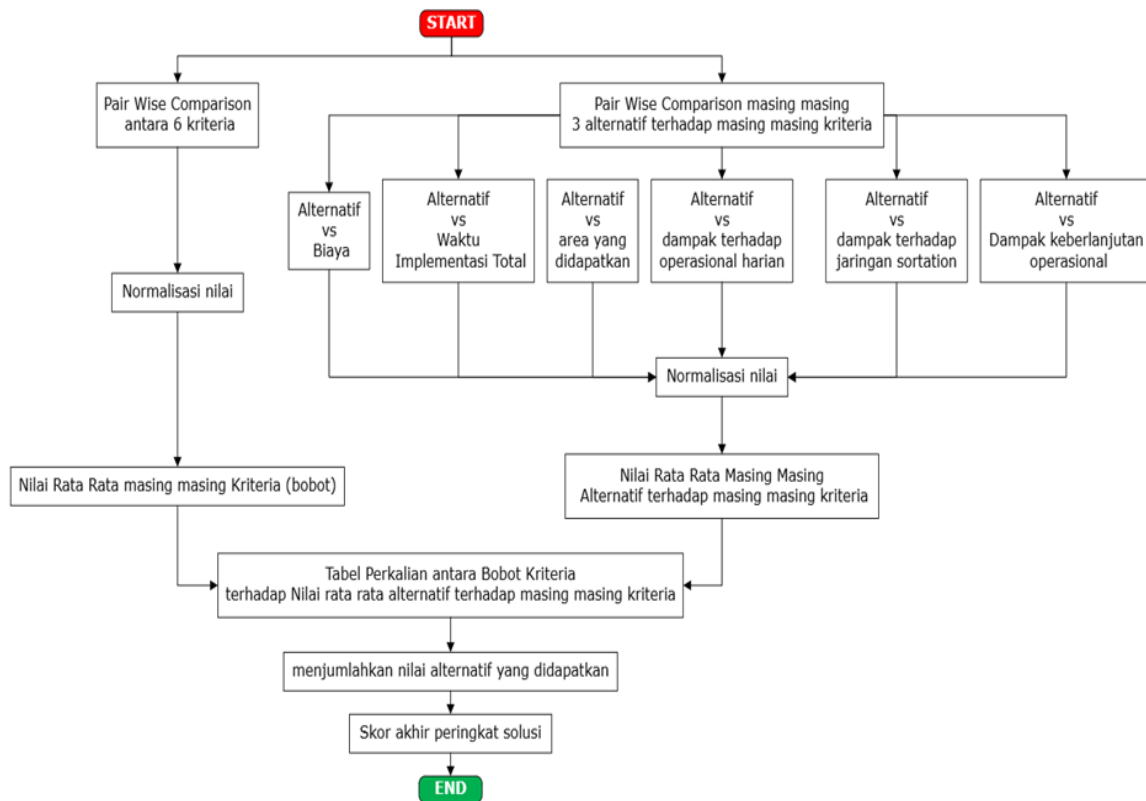
Chute final akhir tujuan sortir paket

AHP, yang diusulkan oleh Saaty (1980), melibatkan peringkat alternatif berdasarkan perolehan bobot dan preferensi dari kriteria dan alternatif secara terpisah (Saaty, 1980; Saaty, 1987). Masalah keputusan yang kompleks dapat dibagi menjadi hierarki dengan tujuan di tingkat atas, kriteria dan sub-kriteria di sub-tingkat hierarki, dan alternatif di bagian bawah. Metode perbandingan berpasangan diadopsi dalam AHP untuk menetapkan bobot pada elemen di tingkat kriteria dan sub-kriteria hingga tingkat bawah. Bobot yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengalikan dengan setiap kinerja yang sesuai di setiap tingkat, dan skor kinerja berbobot dijumlahkan untuk mendapatkan skor akhir untuk peringkat alternatif (Chen dan Pan, 2018).

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya terkait masalah yang dihadapi, untuk menjawab dan memberikan Solusi penulis menggunakan Analisa pengambilan keputusan multi kriteria dengan metode AHP (*analytical Hierarchy Process*). Pada Diagram Gambar 6 dijelaskan proses keseluruhan. Untuk menjawab solusi terbaik dari beberapa alternatif dan juga pemenuhan kriteria yang telah dijelaskan pada tabel 3 sebelumnya Analisa AHP yang dilakukan untuk studi kasus ini dijelaskan pada diagram Gambar 7. Tabel kriteria yang digunakan untuk Analisa AHP disajikan pada Tabel 3.



Gambar 6.
Diagram keseluruhan aktivitas



Gambar 7.
Diagram Alir Proses AHP

Tabel 3.
Kriteria dalam analisa AHP

Kriteria	Penjelasan
Biaya Investasi	Biaya yang dikeluarkan untuk melakukan modifikasi sistem.
Area yang didapatkan untuk Fulfilment	Luas area yang didapatkan setelah modifikasi untuk operasional “warehousing dan Fulfilment”
Dampak terhadap operasional jaringan Sortation	Dampak rancangan Solusi yang diberikan terhadap jaringan sortation secara keseluruhan
Waktu Implementasi	Waktu yang dibutuhkan untuk implementasi mengikuti trend volume besar paket.
Dampak implementasi Solusi perancangan terhadap operasional harian	Dampak terhadap jalannya operasional harian, dan juga K3L
Dampak keberlanjutan	Dampak Rancangan terhadap keberlanjutan operasional dan perencanaan jangka Panjang.

Tabel 4.
Penjelasan Alternatif Rancangan Solusi

Nomor	Alternatif
Alt-1	Melepas semua sistem, kemudian menyimpan dan akan memasang dibeberapa sortation nantinya
Alt-2	Retrofit (Modifikasi) secara per phase
Alt-3	Retrofit (Modifikasi) secara sekaligus

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan perbandingan antara kriteria-kriteria, diperlukan beberapa langkah. Langkah pertama adalah mengidentifikasi alternatif-alternatif yang memungkinkan untuk diimplementasikan. Pada setiap alternatif, data yang dikumpulkan mencakup jumlah nilai biaya, lama waktu, fase implementasi/eksekusi, dampaknya terhadap operasional, serta luas area yang bertambah untuk operasional 'warehousing dan fulfilment'. Dengan data kuantitatif seperti ini, perbandingan kriteria-kriteria dan juga alternatif-alternatif terhadap kriteria kuantitatif sudah cukup jelas untuk dibandingkan.

Untuk perbandingan kriteria dampak terhadap operational sortation, setelah menjabarkan beberapa alternatif, Departement sortation melakukan analisa alternatif rancangan terhadap operasional jaringan, kemudian melakukan rapat koordinasi dan penentuan terhadap hasil dengan bagian *project management*. Untuk dampak berkelanjutan, butuh diperhatikan perencanaan Perusahaan jangka panjang, lama sewa gudang, dan juga perencanaan operasional baik dari 2 tipe operasional yaitu: sortation dan fulfilment. Tabel 5 merupakan perbandingan berdampingan masing masing kriteria. Tabel 6 hingga 11 menunjukkan perbandingan berdampingan antara masing masing alternatif terhadap masing masing kriteria. Dari hasil "pair wise comparison" dan normalisasi kriteria dikalikan dengan masing masing "pair wise comparison" alternatif-alternatif ke masing masing kriteria dengan hasil disajikan pada Tabel 12.

Tabel 5.

Pair Wise Comparison dan hasil normalisasi kriteria-kriteria

	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6	Rata -Rata
Kriteria 1	0,11	0,27	0,04	0,23	0,04	0,02	0,12
Kriteria 2	0,11	0,09	0,29	0,23	0,29	0,16	0,19
Kriteria 3	0,74	0,09	0,29	0,05	0,06	0,16	0,23
Kriteria 4	0,02	0,45	0,29	0,23	0,29	0,03	0,22
Kriteria 5	0,02	0,09	0,04	0,23	0,29	0,47	0,19
Kriteria 6	0,02	0,01	0,06	0,03	0,04	0,16	0,05

Table 6.

Pair Wise Comparison, hasil normalisasi dan rata-rata nilai alternatif terhadap kriteria 1

Terhadap kriteria 1	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Nilai Prioritas
Alt-1	0,06	0,09	0,02	0,05
Alt-2	0,53	0,80	0,86	0,73
Alt-3	0,41	0,11	0,12	0,22

Table 7.

Pair Wise Comparison, hasil normalisasi dan rata-rata nilai alternatif terhadap kriteria 2

Terhadap kriteria 2	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Nilai Prioritas
Alt-1	0,07	0,15	0,02	0,08
Alt-2	0,60	0,74	0,81	0,72
Alt-3	0,33	0,11	0,16	0,20

Table 8.

Pair Wise Comparison, hasil normalisasi dan rata-rata nilai alternatif terhadap kriteria 3

Terhadap kriteria 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Nilai Prioritas
Alt-1	0,82	0,69	0,87	0,79
Alt-2	0,09	0,08	0,03	0,07
Alt-3	0,09	0,23	0,10	0,14

Table 9.

Pair Wise Comparison, hasil normalisasi dan rata-rata nilai alternatif terhadap kriteria 4

Terhadap kriteria 4	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Nilai Prioritas
Alt-1	0,06	0,09	0,01	0,05
Alt-2	0,53	0,82	0,89	0,74
Alt-3	0,41	0,09	0,10	0,20

Table 10.

Pair Wise Comparison, hasil normalisasi dan rata-rata nilai alternatif terhadap kriteria 5

Terhadap kriteria 5	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Nilai Prioritas
Alt-1	0,05	0,09	0,02	0,05
Alt-2	0,47	0,80	0,86	0,71
Alt-3	0,47	0,11	0,12	0,24

Table 11.

Pair Wise Comparison dan hasil normalisasi terhadap kriteria 6

Terhadap kriteria 6	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Nilai Prioritas
Alt-1	0,05	0,09	0,02	0,05
Alt-2	0,47	0,80	0,86	0,71
Alt-3	0,47	0,11	0,12	0,24

Table 12.

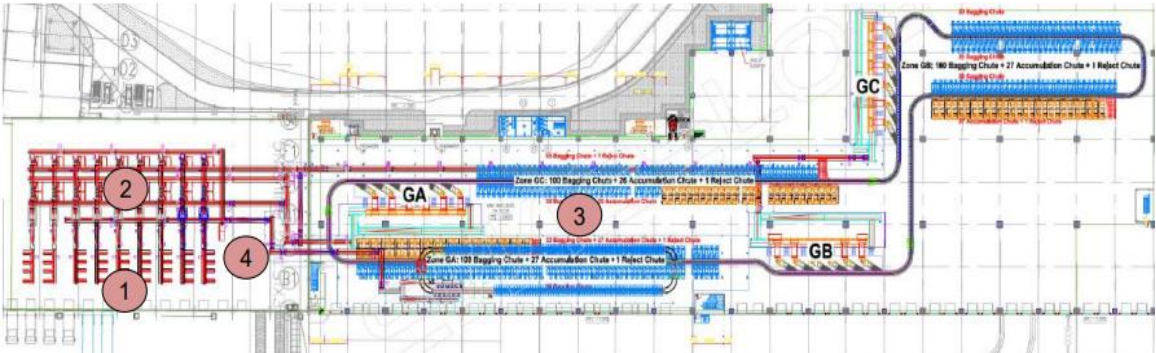
Hasil perkalian bobot kriteria terhadap masing masing alternatif, dan nilai akhir

	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6	Hasil Jumlah
Alternatif 1	0,01	0,02	0,15	0,01	0,01	0,00	0,20
Alternatif 2	0,17	0,16	0,01	0,14	0,08	0,04	0,60
Alternatif 3	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,01	0,20

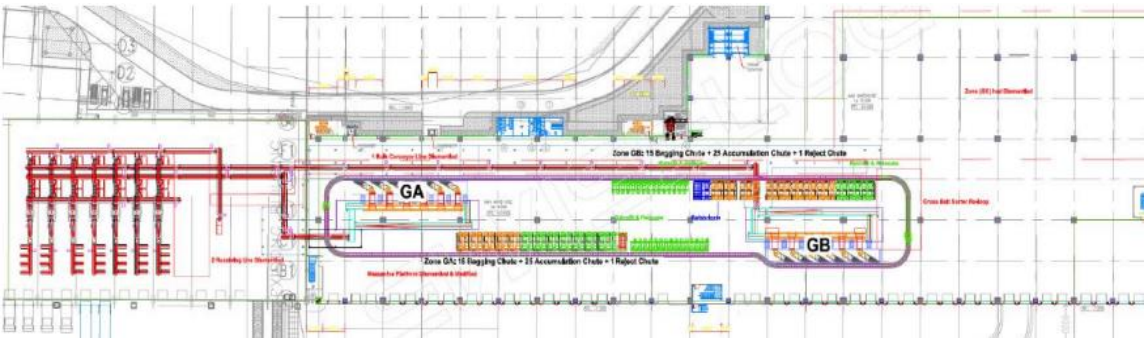
Dari analisa AHP yang telah dilakukan didapatkan bahwa alternatif dua yaitu “retrofit” ataupun modifikasi sistem yang disesuaikan dengan beberapa kriteria memiliki nilai tertinggi, yaitu 0,6. Solusi ini juga yang dilanjutkan untuk mendapatkan persetujuan operasional antar departemen, dilanjutkan persetujuan secara top management Indonesia, dan persetujuan top management regional. Kemudian setelah perancangan rinci dan proses PO dan Procurement, Project dilaksanakan, testing and commisioning hingga hand over kepada pihak operasional.

Solusi rancangan seperti pada gambar 5 di bawah, menjawab kebutuhan operasional baik untuk sortation dan fulfilment, dan juga kriteria kriteria lainnya. Setelah persetujuan business case, proses perancangan detail, dan procurement project dilaksanakan September 2023 – Januari 2024, dengan memperhatikan operasional harian dan juga operasional sewaktu volume paket tinggi. Project ini juga menghabiskan biaya terendah dibanding solusi lainnya, dimana nilai proyek ini adalah 35 miliar rupiah.

Dengan hasil akhir berupa penyesuaian kapasitas sistem mengikuti “forecast” volume sortation sebesar 18000 Parcel Per Jam, dan penambahan area sebesar 6200 m² untuk operasional “warehousing dan fulfilment”, dan payback period selama 7 tahun. Pada Tabel 13 dapat dilihat parameter operasional sebelum dan sesudah retrofit.



Gambar 8.
Lay Out awal sistem otomasi cross belt



Gambar 9.
Lay Out Modifikasi fase 1

Tabel 13.
Perbandingan sistem sebelum dan sesudah retrofit

Deskripsi	Sistem	Sistem sebelum Retrofit	Sistem sesudah Retrofit
Total Kapasitas sortir per jam		27000 Parcel per jam	18000 Parcel per Jam
Stasiun pra sortir		9 Lini dengan masing masing 3000 Parcel per jam	6 Lini dengan masing masing 3000 Parcel Per Jam
Stasiun sortir final		3 stasiun, dengan masing masing 6 stasiun induksi	2 Stasiun, dengan masing masing 6 stasiun induksi
Total Destinasi Sortir		383 destinasi	82 destinasi
Utilisasi untuk proses sortir		10-20%	50-80%
Penambahan area untuk proses “fulfilment”		NA	6200 m ²

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam menghadapi tantangan rendahnya utilisasi sistem otomasi Cross Belt di fasilitas Lazada Cimanggis, studi ini berhasil merancang solusi retrofit berbasis metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang mempertimbangkan enam kriteria utama: biaya, dampak terhadap operasional sortasi, kebutuhan lahan tambahan untuk fulfilment, dampak terhadap jaringan operasional, waktu implementasi, dan keberlanjutan operasional. Dari tiga alternatif yang dianalisis, solusi retrofit secara bertahap dipilih sebagai opsi terbaik karena

memberikan skor prioritas tertinggi. Solusi ini terbukti mampu menekan biaya jangka panjang, meminimalkan gangguan operasional, serta mengoptimalkan penggunaan lahan dengan menambah area fulfilment sebesar 6.200 m². Selain itu, pendekatan ini meningkatkan utilisasi sistem menjadi 50–80% dan mempercepat proses implementasi dengan biaya proyek yang lebih rendah. Dengan demikian, pendekatan AHP terbukti efektif dalam mendukung pengambilan keputusan strategis yang objektif, transparan, dan sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Chen, L., & Pan, W. (2018). *Fuzzy set theory and extensions for multi-criteria decision-making in construction management*. In *Fuzzy hybrid computing in construction engineering and management: Theory and applications* (pp. 179–228). Leeds: Emerald Publishing.
2. Monaliza, I., & Kustiani, I. (2021). Analisis risiko proyek dengan metode AHP (Studi Kasus: Proyek Perpustakaan Modern Lampung pada tahap lanjutan). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(1), 21-26
3. Saaty, T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. USA: McGraw-Hill.
4. Saaty, R.W. (1987). *The analytic hierarchy process – What it is and how it is used*. *Mathematical Modelling*, 9 (3-5), 161-176.
5. Springer. (2024). *Technological transformation in logistics: The evolution of Logistics 4.0 and Supply Chain 4.0*. In *Digital transformation and global society* (pp. 567–582).