



Optimasi Tata Letak Pada Proyek Pembangunan Gedung C dan D Institut Teknologi Kalimantan

Andika Ade Indra Saputra^{1,*}, Raftonado Situmorang¹, Oryza Lhara Sari¹, Athaya Arianti¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan.

*Corresponding author: andika@lecturer.itk.ac.id

Diterima 25 Maret 2022 | Disetujui 07 Juli 2022 | Diterbitkan 22 Agustus 2022

DOI <https://doi.org/10.35718/compact.v1i1.737>

Abstrak

Proyek pembangunan gedung C dan D Institut Teknologi Kalimantan berada pada lahan yang terbatas sehingga kontraktor mengalami kendala untuk mengatur tata letak fasilitas proyek yang dibutuhkan. Tata letak eksisting yang tidak direncanakan secara optimal dapat berdampak terhadap produktifitas kerja proyek. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tata letak yang paling optimal pada proyek pembangunan gedung C dan D. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *multi objectives function* dengan mengoptimalkan lebih dari dua fungsi tujuan secara bersamaan, yaitu *traveling distance (TD)* dan *safety index (SI)*. *Analitycal Hierarchy Process (AHP)* dan *expert judgement* juga digunakan sebagai metode tambahan dalam pengambilan keputusan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tata letak yang paling optimal didapatkan pada alternatif ke-6 dengan nilai TD sebesar 12590,34 meter atau tereduksi sebesar 31,91% dari eksisting yang memiliki nilai TD sebesar 18489,5. Nilai SI pada alternatif ke-6 yaitu 1411,38 dengan penambahan SI 20.28 % dari nilai SI eksisting sebesar 1173,37. Hasil perhitungan dengan menggunakan metode AHP diperoleh bahwa alternatif ke-6 memiliki nilai index sebesar 0,12997. Dibandingkan dengan kondisi eksisting, tata letak fasilitas proyek pembangunan gedung C dan D pada alternatif ke-6 mampu meningkatkan efektifitas mobilitas pekerja maupun material dan memiliki tingkat keamanan serta keselamatan yang lebih baik.

Kata-kunci : Optimasi, *Safety Index*, Tata Letak, *Traveling Distance*

Site Layout Optimization in Construction Projects C and D Building of the Institut Teknologi Kalimantan

Abstract

The construction project of buildings C and D of the Kalimantan Institute of Technology is on a limited land so that the contractor has problems arranging the layout of the project facilities needed. Existing layouts that are not planned optimally can have an impact on the productivity of project work. This study aims to determine the most optimal layout in building construction projects C and D. Analysis was carried out using the multi-objectives function method by optimizing more than two goal functions simultaneously, namely traveling distance (TD) and safety index (SI). Analitycal Hierarchy Process (AHP) and expert judgement are also used as additional methods in decision making. The results showed that the most optimal layout was obtained in the 6th alternative with a TD value of 12590,34 meters or reduced by 31.96% of the existing one which had a TD value of 18489.5. The SI value in the 6th alternative is 1411,38 with an additional SI of 20.28% from the existing SI value of 1173.37. The calculation results using the AHP method obtained that the 5th alternative has an index value of 0.13207. Compared to existing conditions, the layout of the facilities for building construction projects C and D in the 6th alternative is able to increase the effectiveness of worker and material mobility and have a better level of security and safety.

Keywords : Optimization, *Safety Index*, Site Layout, *Traveling Distance*

A. Pendahuluan

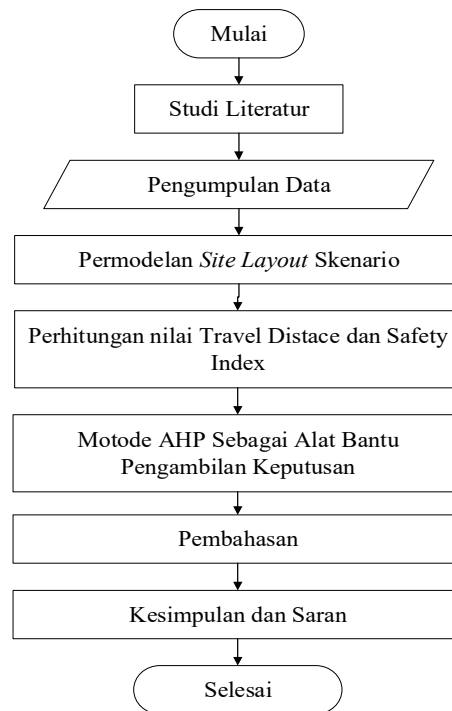
Proyek pembangunan gedung C dan D Institut Teknologi Kalimantan dilaksanakan pada lahan yang terbatas. Kondisi ini mengakibatkan kontraktor memiliki kendala dalam merencanakan tata letak (*site layout*) untuk menjalankan proyek. Perencanaan tata letak lapangan pada proyek konstruksi adalah suatu hal yang penting dan perlu dilakukan secara mendalam dan rinci (Irawan, 2016). Perencanaan tata letak fasilitas-fasilitas penunjang proyek yang baik dapat digunakan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan pada pekerja, halangan dalam pergerakan material dan peralatan di lapangan, meminimalisir waktu tempuh sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas operasional serta menghemat biaya. Fasilitas-fasilitas yang dibutuhkan dalam suatu proyek dapat berbeda-beda karena proyek konstruksi bersifat unik. Fasilitas yang ada dapat disesuaikan dengan besarnya proyek, cuaca di lapangan, kondisi lapangan, luas lahan proyek yang tersedia, metode pelaksanaan konstruksi dan proses pelaksanaan serta urutan pekerjaan konstruksi. Fasilitas-fasilitas penunjang dapat dipindahkan dan disesuaikan dengan kebutuhan pelaksanaan selama proyek berlangsung.

Jarak antar fasilitas berperan penting dalam pelaksanaan suatu proyek. Jarak antar fasilitas yang terlalu jauh dapat mengakibatkan waktu tempuh yang dibutuhkan semakin lama, dan jika antar fasilitas terlalu dekat juga dapat mempengaruhi tingkat kenyamanan dalam beraktivitas, hal tersebut dapat berpengaruh dengan produktivitas para pekerja (Komaruzzaman, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Setyobudi (2017) diketahui bahwa alternatif yang direncanakan dengan kondisi eksisting yang ada di lapangan memiliki perbedaan nilai traveling distance dan safety index yang masih dapat dioptimalkan dengan lebih baik. Selain itu dampak yang dapat terjadi yaitu rawan terjadinya kecelakaan. Hal tersebut terjadi karena kurang tepatnya dalam memposisikan suatu fasilitas dalam suatu proyek. Perencanaan site layout dikatakan optimal jika perencanaan terhadap penempatan fasilitas berada pada lokasi yang tepat sehingga dapat mencapai *objective function* perencanaan tata letak, salah satunya yaitu dengan memperoleh jarak tempuh yang minimum. Penempatan fasilitas-fasilitas tersebut harus memperhatikan kedekatannya, di mana fasilitas yang berhubungan atau lebih banyak berinteraksi harus diletakkan sangat berdekatan (Adhika, 2017).

Penelitian ini diperlukan untuk menghitung optimasi tata letak pada proyek pembangunan Gedung C dan D di Institut Teknologi Kalimantan yang proses pembangunannya dilanjutkan kembali pada tahun 2022 dan direncanakan akan selesai pada tahun 2023. Analisis yang digunakan adalah dengan metode *multi objectives function*. Metode ini dilakukan dengan mengoptimalkan lebih dari dua fungsi tujuan secara bersamaan, dimana fungsi yang dipertimbangkan yaitu *Traveling Distance (TD)* dan *Safety Index (SI)*. Analisa pengambilan keputusan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* dan *expert judgement*. Adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu dan menjadi acuan serta masukan dalam mengantisipasi masalah yang ada pada proyek pembangunan Gedung Perkuliahan C dan D Institut Teknologi Kalimantan..

B. Metode

Proses penelitian dengan tujuan akhir untuk mendapatkan optimasi tata letak pada proyek pembangunan gedung C dan D Institut Teknologi Kalimantan mengacu pada diagram alir penelitian sesuai pada Gambar 1. agar penelitian yang dilakukan berjalan runtut, teratur dan terarah. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur pada artikel yang dimuat dalam jurnal, laporan tugas akhir, buku, dan literatur lainnya sebagai penunjang dalam ilmu manajemen proyek terutama yang terkait dengan optimasi tata letak. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data sekunder dan data primer sesuai dengan kebutuhan penelitian. Permodelan tata letak dilakukan untuk menghitung TD dan SI pada kondisi eksisting untuk digunakan sebagai dasar iterasi lanjutan pada setiap alternatif dengan mempertimbangkan identifikasi bahaya yang ada pada proyek konstruksi, penilaian risiko dan pengendalian risiko. Dengan membandingkan hasil perhitungan TD dan SI pada masing-masing alternatif yang dimodelkan maka dapat diperoleh alternative yang paling optimum.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan rumus yang digunakan pada perhitungan sebagai berikut:

$$TD = \sum_{a,b=1}^n d_{ab} \times f_{ab} \quad (1)$$

Dimana:

TD	=	<i>Traveling Distance</i>
d_{ab}	=	jarak aktual antar fasilitas a menuju fasilitas b
f_{ab}	=	frekuensi perpindahan pekerja dari fasilitas a ke fasilitas b
n	=	banyaknya fasilitas yang terdapat dilapangan

$$SI = \sum_{a,b=1}^n S_{ab} \times d_{ab} \quad (2)$$

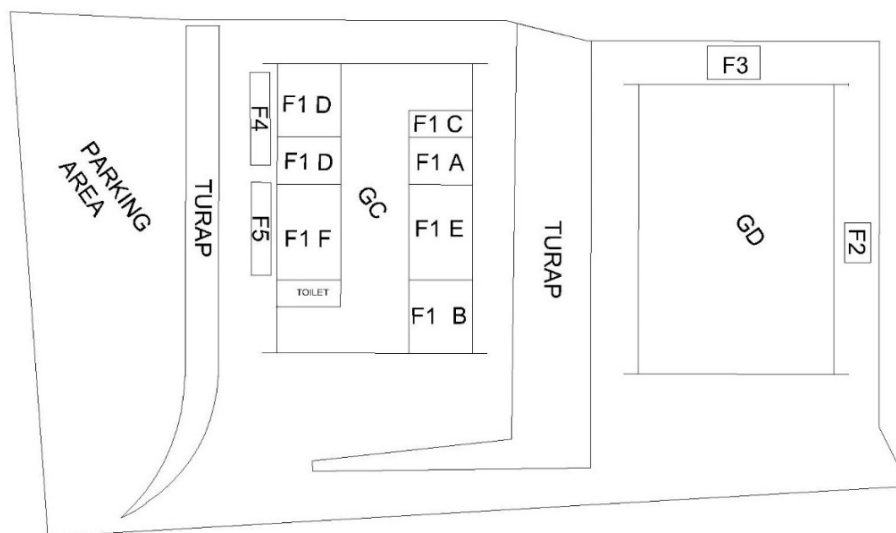
Dimana:

SI	=	<i>Safety Index</i> yaitu hubungan antara nilai tingkat keamanan dan keselamatan dengan frekuensi perpindahan
S_{ij}	=	Tingkat keamanan dan keselamatan (<i>safety</i>) dari fasilitas a menuju fasilitas b
f_{ij}	=	frekuensi perpindahan pekerja dari fasilitas a menuju fasilitas b
n	=	Jumlah fasilitas yang ada dilapangan

Setelah mendapatkan nilai TD dan SI maka dilanjutkan dengan perhitungan AHP sebagai metode pengambilan keputusan. Proses pengambilan keputusan dalam pemilihan alternatif tata letak yang memiliki nilai paling optimal dibandingkan dengan kondisi eksisting yaitu dengan mempertimbangkan perubahan pada nilai TD dan SI. Dalam merencanakan tata letak, jika penempatan fasilitas pada lokasi proyek dapat menghasilkan TD yang minimum dan SI yang maksimum, maka perencanaan tata letak dapat dikatakan optimal. Optimasi pada tata letak berhasil jika alternatif yang baru mampu memperoleh perubahan nilai TD yang semakin berkurang dan SI yang semakin bertambah. Untuk mendapatkan hasil yang paling baik maka dilanjutkan dengan bantuan *expert judgment* sebagai pendamping hasil perhitungan AHP.

C. Hasil dan Pembahasan

Objek penelitian pada proyek pembangunan Gedung Perkuliahan C dan Gedung D Institut Teknologi Kalimantan berada di Kampus ITK wilayah Karang Joang, Kota Balikpapan. Proyek ini terdiri dengan pembangunan dua gedung perkuliahan yang masing-masing terdiri dari 3 lantai. Data yang digunakan berupa identifikasi nilai risiko pada proyek, data tata letak fasilitas, ukuran, banyaknya perjalanan pekerja antar fasilitas dan jarak antar fasilitas. Berdasarkan pengamatan dan wawancara dengan pihak konsultan manajemen konstruksi dan kontraktor, berikut merupakan hasil data yang dapat dilihat pada tabel 1, 2, 3, dan 4 serta gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Tata Letak Eksisting

Berikut pada tabel 1 adalah penjelasan dari kode gambar, luas dan letak masing-masing fasilitas proyek pada kondisi eksisting.

Tabel 1. Fasilitas Proyek

No	Fasilitas	Kode	Luas (M ²)
1	Gedung C (Direksi Kit)	GC	463,5
	Kantor Kontraktor	F1 A	24,8
	Kantor MK	F1 B	38,2
	Toilet Gedung	F1 C	13,8
	Barak	F1 D	63
	Klinik, Mushola	F1 E	50
	Gudang Material dan Peralatan	F1 F	50
2	Gedung D	G2	463,5
3	Toilet on site	F2	24
4	Kantin Pekerja	F3	40
5	Stockyard & Fabrikasi kayu	F4	42
6	Stockyard & Fabrikasi besi	F5	42

Berdasarkan pada gambar 1 di atas, berikut pada tabel 2 merupakan jarak antar fasilitas pada kondisi eksisting.

Tabel 2. Jarak Antar Fasilitas

Jarak Antar Fasilitas (m)	GC	F1 A	F1 B	F1 C	F1 D	F1 E	F1 F	GD	F2	F3	F4	F5
GC	0	-	-	-	-	-	-	64,4	85,0	81,7	41,6	31,7
F1 A		0	17,1	6,36	6,06	9,5	12,5	85,6	106,3	103,0	62,8	52,92
F1 B			0	20,5	20,2	10,6	13,7	71,5	82,1	88,9	48,7	38,8
F1 C				0	20,5	9,4	12,8	88,9	109,6	106,3	63,8	53,9
F1 D					0	12,5	9,5	83,3	103,9	100,6	60,5	50,6
F1 E						0	86,7	80,6	99,8	96,5	54	44,1
F1 F							0	76,8	97,4	94,1	43,1	33,2
GD								0	39,9	1,2	88,2	78,3
F2									0	22,98	108,8	98,9
F3										0	105,5	95,6
F4											0	12,8
F5												0

Melalui proses observasi secara langsung di pada proyek pembangunan Gedung C dan D didapatkan frekuensi atau banyaknya perjalanan pekerja antar fasilitas.

Tabel 3. Frekuensi Perjalanan Pekerja (1 hari)

Frekuensi Perjalanan Pekerja	GC	F1 A	F1 B	F1 C	F1 D	F1 E	F1 F	GD	F2	F3	F4	F5
GC	0	32	28	16	25	4	25	6	0	0	18	32
F1 A	-	0	14	6	8	15	17	16	0	12	6	5
F1 B	-	-	0	11	8	8	11	12	0	6	4	4
F1 C	-	-	-	0	16	34	12	0	0	2	2	5
F1 D	-	-	-	-	0	18	8	4	0	26	7	6
F1 E	-	-	-	-	-	0	2	2	0	3	0	2
F1 F	-	-	-	-	-	-	0	4	0	2	8	14
GD	-	-	-	-	-	-	-	0	6	8	2	4
F2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	14	0	0
F3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5	4
F4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	12
F5	0	32	28	16	25	4	25	6	0	0	18	32

Berdasarkan hasil wawancara dan data ssekunder dari konsultan manajemen konstruksi pada proyek pembangunan gedung C dan D, berikut pada tabel 4 diperoleh nilai tingkat keamanan dan keselamatan (TKK) yang merupakan hasil pembagian panajng rute dikali dengan nilai risiko dibagi dengan total panjang rute sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai TKK Eksisting

Nilai Risiko	GC	F1A	F1B	F1C	F1D	F1E	F1F	GD	F2	F3	F4	F5
GC	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2,172	2	2
F1 A		0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
F1 B			0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
F1 C				0	2	2	2	2	2	2	2	2
F1 D					0	2	2	2	2	2	2	2
F1 E						0	2	2	2	2	2	2
F1 F							0	2	2	2	2	2
GD								0	2	2	2	2
F2									0	2,8	2	2
F3										0	2	2
F4											0	2
F5												0

Berdasarkan data yang didapatkan melalui hasil survey dan wawancara, dilakukan perhitungan TD dan SI *Distance* dengan menggunakan persamaan (1) dan (2). Selanjutnya hasil TD dan SI akan digunakan iterasi pada setiap alternatif.

a. Eksisting

Perhitungan TD dan SI eksisting dihitung berdasarkan tata letak eksisting yang ada di lapangan. Hasil perhitungan diperoleh nilai TD pada kondisi eksisting yaitu 18489,5 meter dan nilai SI pada kondisi eksisting yaitu 1173,37. Tata letak kondisi eksisting diperhitungkan sebagai pembanding untuk menemukan hasil paling optimal. Permodelan tata letak pada alternatif ke 1 dan alternatif selanjutnya dilakukan dengan cara mempertimbangkan frekuensi perjalanan pekerja yang akan dirubah tata letaknya berdasarkan jarak yang bisa semakin jauh maupun semakin dekat untuk bisa menurunkan nilai TD dan meningkatkan SI.

b. Alternatif 1

Perubahan yang dilakukan dalam skenario alternatif ke-1 dari kondisi eksisting yaitu dengan perubahan pada fasilitas-fasilitas *moveable* yaitu pada F2 dan F3 (2 dari fasilitas *moveable*). Hal tersebut dilakukan karena mempertimbangkan frekuensi perjalanan pekerja antar dua fasilitas tersebut cukup banyak (14 frekuensi perjalanan), sehingga jarak penempatan F2 dan F3 diminimumkan. F2 dilakukan pergeseran dengan tujuan untuk memperkecil jarak rute perjalanan pekerja, dimana pergeseran yang dilakukan dalam permodelan sejauh 9,6 meter. Dari hasil optimasi, tata letak alternatif ke-1 dibanding dengan kondisi eksisting memiliki nilai TD sebesar 18148,5 m, dimana nilai tersebut lebih minimum dibanding dengan tata letak kondisi eksisting dengan nilai sebesar 18489,5 m dan alternatif ke-1 memiliki nilai SI 1183,05, dimana nilai SI yang didapatkan lebih baik dibandingkan dengan SI tata letak eksisting yaitu 1173,37.

c. Alternatif 2

Pemodelan tata letak alternatif ke-2 dilakukan dengan perubahan penempatan fasilitas *moveable* F4 dan F5 dari kondisi eksisting, tetapi tetap mempertahankan posisi F2 dan F3 sesuai seperti permodelan pada alternatif Ke-1. Hal tersebut dilakukan karena melalui perhitungan pada alternatif 1 terbukti adanya peningkatan nilai TD dari kondisi eksisting. Sehingga permodelan alternatif 2 dengan pemindahan F4 dan F5 dengan tujuan untuk memperkecil jarak rute perjalanan pekerja. Dari hasil optimasi, alternatif ke-2 memiliki nilai sebesar 15800,7 m, dimana nilai tersebut lebih minimum dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif ke-1. Alternatif Ke-2 memiliki nilai SI 1187,73, dimana nilai SI yang didapatkan lebih baik dibandingkan dengan SI tata letak eksisting dan alternatif ke-1.

d. Alternatif 3

Pemodelan tata letak alternatif ke-3 dilakukan dengan perubahan penempatan fasilitas movable F3 dari kondisi eksisting, tetapi tetap mempertahankan posisi F4 dan F5 sesuai seperti permodelan pada Alternatif ke-2. Hal tersebut dilakukan karena melalui perhitungan pada alternatif ke-2 terbukti adanya peningkatan nilai TD dari kondisi eksisting dan alternatif sebelumnya. Sehingga permodelan alternatif ke-2 dengan pemindahan F3 dengan tujuan untuk memperkecil jarak rute perjalanan pekerja dan mempertimbangkan frekuensi perjalanan pekerja menuju F3. Melalui hasil wawancara dengan pihak kontraktor, pertimbangan fasilitas F2 diadakan khusus untuk mempermudah para pekerja yang bertugas di Gedung D untuk penggunaan fasilitas toilet. Oleh karena itu F2 dipertahankan pada posisi seperti alternatif ke-3 karena sudah terbukti memiliki perubahan nilai TD yang lebih minimum. Dari hasil optimasi, alternatif ke-3 memiliki nilai TD sebesar 12872,1 m, hal tersebut menjadikan alternatif ke-3 memiliki nilai lebih minimum dibanding tata letak alternatif ke-2 dan memiliki nilai SI 1384,86, dimana nilai SI yang didapatkan juga lebih besar dibanding alternatif ke-2.

e. Alternatif 4

Pemodelan tata letak alternatif ke-4 dilakukan dengan perubahan pada F2, di mana fasilitas F2 dihilangkan, dan seluruh frekuensi perjalanan pekerja yang menuju dan dari F2 ditambahkan pada F1 C. Setelah dilakukan optimasi, permodelan alternatif ke-4 memiliki nilai TD sebesar 12691,76 m, dimana hasil tersebut membuat Alternatif Ke-4 memiliki nilai yang lebih minimum dibanding kondisi tata letak pada alternatif sebelumnya dan nilai SI 1395,38, dimana nilai SI tersebut lebih besar dibanding alternative ke-3.

f. Alternatif 5

Pemodelan tata letak alternatif ke-5 dilakukan dengan perubahan fasilitas F4 dan F5 yang penempatan posisinya ditukar. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan alternatif sebelumnya, di mana frekuensi perjalanan pekerja yang dikalikan dengan jarak yang berbeda akan mendapatkan hasil nilai yang berbeda pula. Permodelan 5 ini tetap memodelkan F2 pada tata letak. Dari hasil optimasi, alternatif ke-5 memiliki nilai TD sebesar 12770,6 m dan lebih kecil dari kondisi eksisting. Nilai SI yang diperoleh pada alternatif ke-5 adalah sebesar 1400,86, dimana nilai SI tersebut juga lebih besar dari nilai SI alternatif sebelumnya.

g. Alternatif 6

Pemodelan tata letak alternatif ke-6 dilakukan dengan perubahan fasilitas F4 dan F5 yang penempatan posisinya ditukar tetapi juga menghilangkan fasilitas F2. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan alternatif sebelumnya. Dari hasil optimasi, alternatif ke-6 memiliki nilai TD sebesar 12590,34 m, dimana nilai tersebut menjadikan alternatif ke-6 memiliki nilai yang lebih minimum dibanding dengan kondisi eksisting. Alternatif ke-6 memiliki nilai SI 1411,38 yang juga lebih baik jika dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Setelah dilakukan perhitungan TD dan SI pada masing-masing alternatif yang memungkinkan untuk diterapkan pada lokasi proyek, selanjutnya hasil dari 6 alternatif tersebut dilakukan analisis dengan metode *Analityc Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP digunakan sebagai metode bantu dalam pengambilan keputusan yang dilakukan untuk memperkuat nilai optimum yang dihasilkan. Analisis ini diawali dengan melakukan perbandingan berpasangan antara kriteria yang diteliti. Perbandingan berpasangan dilakukan menggunakan skala Saaty untuk penentuan bobot dari kriteria-kriteria yang diteliti. Perbandingan berpasangan yang akan digunakan pada perhitungan ini didapatkan melalui hasil diskusi dan wawancara bersama selama proses observasi di proyek yang tersaji pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Perbandingan Berpasangan

Kriteria	<i>Traveling Distance</i>	<i>Safety Index</i>
<i>Traveling Distance</i>	1	3
<i>Safety Index</i>	0,33	1
Total	1,33	4

Langkah selanjutnya yang dilakukan yaitu dengan penentuan bobot kriteria atau vektor prioritas. Melalui perbandingan berpasangan maka didapatkan hasil skala pembobotan tiap kriteria yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 6. Vektor Prioritas

Kriteria	<i>Traveling Distance</i>	<i>Safety Index</i>	Rata-Rata
<i>Traveling Distance</i>	0,75	0,75	0,75
<i>Safety Index</i>	0,25	0,25	0,25
Total	1	1	

Langkah berikutnya itu dilakukan perkalian matriks perbandingan berpasangan dengan vektor prioritas sebagai berikut

$$\begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 0,33 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0,75 \\ 0,25 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}$$

Dilanjutkan dengan perhitungan nilai *eigen vector*, nilai *eigen vector* adalah bobot pada setiap poin atau kriteria. Perhitungan dilakukan pada setiap matriks perbandingan berpasangan, dimana perhitungan ini dilakukan untuk menghasilkan pilihan dalam penentuan prioritas poin-poin pada tingkat hierarki terendah hingga pencapaian tujuan.

$$\begin{aligned} \lambda \max &= \frac{\text{hasil kali matriks}}{\text{vektor}} \\ &= \frac{n}{\left(\frac{0,75 + 0,25}{2}\right)} = 2 \end{aligned}$$

Menghitung nilai CI (*Consisensi Index*)

$$\begin{aligned} CI &= \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \\ &= \frac{(2-1)}{(2-1)} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Matriks *pair wise comparison* yang dilakukan pada perhitungan di atas dapat dikatakan konsisten jika hasil perhitungan nilai CI 0. Hasil nilai 0 yang didapatkan menerangkan bahwa konsistensi rasio dari hasil penilaian perbandingan yang telah dilakukan, berdasarkan kriteria-kriteria tersebut memiliki rasio sebesar 0%. Berdasarkan perhitungan diatas nilai yang didapatkan bisa diterima karena memiliki nilai lebih kecil dari 10%.

Konsistensi rasio (CR) adalah perbandingan konsistensi index dengan nilai *index random* (RI) *Oak Ridge National Laboratory*.

$$\begin{aligned} CR &= \frac{CI}{IR} \\ &= \frac{0}{0} = \sim \leq 0,1 \end{aligned}$$

Konsistensi atau dapat disebut keakuratan dari penilaian berpasangan dipertimbangkan kembali melalui perhitungan *Consistency Ratio* (CR). Berdasarkan Saaty penilaian tersebut dapat disebut konsisten jika nilai *Consistency Ratio* $\leq 0,1$. Dari penilaian yang telah dilakukan di atas bahwa nilai *Consistency Ratio* (CR) kurang dari 0,1 maka dapat disimpulkan bahwa kriteria perhitungan tersebut sudah konsisten,. Setelah bobot alternatif didapatkan,

maka dilanjutkan dengan langkah berikutnya yaitu penentuan bobot alternatif pada setiap kriteria. Bobot alternatif didapatkan melalui nilai yang telah diperhitungkan dilakukan penyetaraan. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menormalisasikan nilai:

$$\text{Normalisasi} = \text{nilai kriteria} / \text{jumlah total nilai kriteria} \quad (3)$$

Setelah dilakukan perhitungan normalisasi bobot alternatif dilanjutkan dengan menjumlahkan seluruh total nilai pada kriteria *Traveling Distance* yang dapat dilihat berikut ini

$$\begin{aligned} \text{Jumlah total nilai } \textit{Traveling Distance} \text{ Pekerja} &= \text{Eksisting} + \text{Alternatif Ke-1} + \text{Alternatif Ke-2} + \text{Alternatif Ke-3} + \\ &\quad \text{Alternatif Ke-4} + \text{Alternatif Ke-5} + \text{Alternatif Ke-6} \\ &= 18489,5 + 18148,5 + 15800,7 + 12872,1 + 12770,6 + 12691,8 + \\ &\quad 12590,24 \\ &= 203363,22 \\ \text{Normalisasi Eksisting} &= \text{Nilai Kriteria Eksisting} / \text{jumlah total nilai kriteria } \textit{Traveling} \\ &\quad \textit{Distance} \\ &= 18489,5 / 203363,22 \\ &= 0,17888 \end{aligned}$$

Normalisasi dengan menggunakan cara yang sama dilakukan pada seluruh alternatif, berikut merupakan rekap perhitungan pada Tabel 7

Tabel 7. Bobot Alternatif *Traveling Distance*

<i>Site</i>	<i>Traveling Distance (m)</i>	<i>Penyetaraan</i>
Eksisting	18489,5	0,17888
Alternatif Ke-1	18148,5	0,17558
Alternatif Ke-2	15800,7	0,15287
Alternatif Ke-3	12872,1	0,12453
Alternatif Ke-4	12770,6	0,12355
Alternatif Ke-5	12691,8	0,12279
Alternatif Ke-6	12590,24	0,1218
TOTAL	203363,22	1

Selanjutnya dilakukan perhitungan juga pada bobot kriteria *Safety Index* dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Bobot Alternatif *Safety Index*

<i>Site</i>	<i>Safety Index</i>	<i>Penyetaraan</i>
Eksisting	1173,37	0,128425
Alternatif Ke-1	1183,05	0,129484
Alternatif Ke-2	1187,73	0,129997
Alternatif Ke-3	1384,86	0,151572
Alternatif Ke-4	1400,86	0,153323
Alternatif Ke-5	1395,38	0,152724
Alternatif Ke-6	1411,38	0,154475
TOTAL	9136,63	1

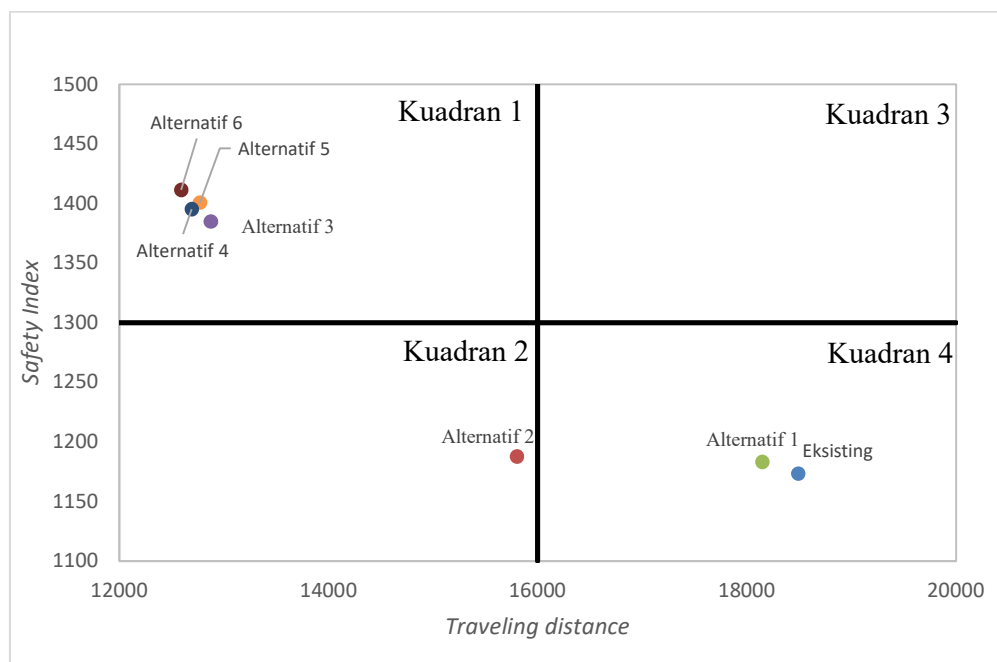
Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan bobot alternatif pada kriteria TD dan SI yang sudah dilakukan penyetaraan, maka hasil tersebut dikalikan dengan nilai vector prioritas pada masing masing kriteria. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *vector* prioritas sebesar 0,75 pada kriteria *Traveling Distance* dan nilai *vector* prioritas sebesar 0,25 untuk kriteria *Safety Index*. Sehingga dilakukan perbandingan dengan melakukan perhitungan

antar seluruh *Site Layout* dengan cara mengkalikan bobot alternatif dengan vector prioritas, hingga didapatkan hasil index pada masing-masing kondisi sebagai berikut:

Eksisting	$= 0,17888 \times 0,75 + 0,1284 \times 0,25$	=	0,16627
Alternatif Ke-1	$= 0,17558 \times 0,75 + 0,12948 \times 0,25$	=	0,16406
Alternatif Ke-2	$= 0,15287 \times 0,75 + 0,13 \times 0,25$	=	0,14715
Alternatif Ke-3	$= 0,12453 \times 0,75 + 0,15157 \times 0,25$	=	0,13129
Alternatif Ke-4	$= 0,12355 \times 0,75 + 0,15332 \times 0,25$	=	0,13099
Alternatif Ke-5	$= 0,12279 \times 0,75 + 0,15272 \times 0,25$	=	0,13027
Alternatif Ke-6	$= 0,1218 \times 0,75 + 0,15447 \times 0,25$	=	0,12997

Berdasarkan perhitungan dari setiap alternatif maka nilai index yang didapatkan melalui hasil metode AHP, maka nilai index paling minimum adalah tata letak *pada* alternatif 6 dengan nilai yang didapatkan sebesar 0,12997. Dibandingkan dengan keadaan eksisting yang bernilai 0,16627, maka menjadikan nilai pada alternatif ke-6 memiliki nilai yang lebih optimum. Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat diambil keputusan bahwa *Site Layout* yang paling baik setelah mempertimbangkan *hierarchy* sesuai dengan prioritas adalah alternatif Ke-6

Perencanaan tata letak dapat dikatakan optimum jika perencanaan terhadap penempatan fasilitas berada pada lokasi yang tepat sehingga dapat mencapai *objective function* perencanaan tata letak, yaitu dengan memperoleh jarak tempuh yang minimum dan *Safety Index* yang maksimum. Berdasarkan hasil rekapan yang telah di hitung *Traveling Distance* dan *Safety Index* maka dibuat grafik kuadran hubungan antara nilai TD dan SI yang dapat dilihat Gambar 3



Gambar 3. Kuadran Hubungan TD dan SI

Melalui Gambar 3 dapat dilihat bahwa *Traveling Distance* digambarkan pada sumbu X dengan menggunakan satuan meter dan *Safety Index* dijelaskan pada sumbu Y. Jika hasil nilai *Traveling Distance* yang didapatkan minimum dan hasil nilai *Safety Index* yang didapatkan tinggi maka hal tersebut dapat dikatakan bahwa tata letak yang di rencanakan sudah optimum. Kuadran 1 menggambarkan bahwa titik yang berada pada kuadran ini memiliki nilai paling baik dimana memiliki nilai *Traveling Distance* yang minimum dan nilai *Safety Index* yang maksimum. Untuk kuadran 2 dan kuadran 3 menggambarkan bahwa dari dua fungsi yang dioptimalkan hanya salah satu fungsi yang lebih baik, dimana jika titik pada kuadran 2 maka dapat dikatakan bahwa nilai *Traveling Distance* minimum tetapi nilai *Safety Index* masih rendah. Untuk titik yang berada pada kuadran 3 kebalikan dari kuadran 2, dimana titik yang berada pada kuadran ini memiliki nilai *Safety Index* yang tinggi tetapi nilai *Traveling Distance* nya masih tinggi. Kuadran 4 pada Gambar 3 menggambarkan bahwa pada kuadran ini nilai *Traveling Distance* dan *Safety Index* masih belum optimum.

Gambar 3 memperlihatkan hasil analisis bahwa dari permodelan eksisting dan 6 alternatif yang dimodelkan dapat dilihat bahwa eksisting dan alternatif ke-1 berada pada daerah kuadran 4, alternatif ke-2 berada di daerah kuadran 2, dan alternatif ke-3, alternatif ke-4, alternatif ke-5 dan alternatif Ke-6 berada pada daerah kuadran 1. Daerah kuadran 1 adalah daerah di mana nilai perhitungan *Traveling Distance* dan *Safety Index* yang didapatkan memiliki nilai yang optimum. Menurut Djojowiriono (2014) terdapat 4 tujuan pokok dalam memaksimalkan perencanaan tata letak, yaitu efisien, efektif, lancer dan aman. Dengan penataan tata letak yang optimum juga akan menghasilkan manajemen sumber daya yang produktif yang pada akhirnya juga berpengaruh pada kelancaran aliran material, pekerja dan peralatan.

D. Kesimpulan

Hasil optimasi *tata letak* dengan membandingkan nilai TD dan SI pada alternatif-alternatif yang berada pada Kuadran 1 di grafik hubungan antara TD dan SI maka diperoleh hasil akhir bahwa alternatif yang paling optimum yaitu alternatif ke-6. Alternatif ke-6 memiliki nilai *Traveling Distance* sebesar 12590,24 meter dengan reduksi sebesar 31,91% dari tata letak eksisting yang memiliki nilai *Traveling Distance* sebesar 18489,5. Nilai *Safety Index* pada alternatif ke-6 yaitu 1411,38 dengan penambahan *Safety Index* 20.28 % dari nilai *Safety Index* pada tata letak eksisting sebesar 1173,37. Hasil perhitungan dengan metode pengambilan keputusan AHP nilai index akhir yang diperoleh sebesar 0,12997, dimana nilai index AHP pada alternatif ke-6 lebih optimum dibandingkan dengan nilai eksisting sebesar 0,16627.

E. Ucapan Terimakasih

Kami ucapkan terima kasih kepada PT. SARANABUDI PRAKARSARIPTA dan PT. TATA GUNA PRATAMA yang telah mendukung terselesaikannya penelitian mandiri ini.

F. Daftar Pustaka/Referensi

- Adhika, H. D. (2017). Optimasi *Site Layout* Menggunakan Multi-Objective Function pada Proyek Pembangunan Transmart Rungkut Surabaya, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Djojowiriono, S. (2014). Manajemen Konstruksi edisi IV BP, Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada.
- Irawan, A. C. (2016). Optimasi *Site Layout* pada Proyek Gedung One East Surabaya, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Komaruzzaman, M. E., (2018). Analisis *Site Layout* Proyek Menggunakan Multi-Objective Function Dan Activity Relationship Chart Pada Proyek Pembangunan Apartemen Gunawangsa Tidar Surabaya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.Surabaya
- Setyobudi, D. B. (2017). Optimasi *Site Layout* pada Proyek Pembangunan Apartemen Pavilion Permata Tower 2, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.