

Optimasi Penataan *Site Layout* pada Proyek Grand Dharmahusada Surabaya dengan Metode Logika *Fuzzy* AHP

Dwinanda Fadhlana, I Putu Artama Wiguna, dan Mohammad Arif Rohman
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: artama@ce.its.ac.id

Abstrak—Di dalam proses konstruksi, tentunya banyak permasalahan yang berkaitan dengan manajemen konstruksi. Dimana banyak aspek yang dapat mempengaruhi jalannya suatu proyek tersebut. Salah satunya adalah manajemen tata letak fasilitas dalam suatu proyek. Hal tersebut dapat menyelesaikan permasalahan, dalam memobilisasi bahan-bahan dan peralatannya. Sehingga manajemen tata letak fasilitas ini menjadi lebih optimal. Pada penelitian proyek Grand Dharmahusada Surabaya, *fuzzy* AHP digunakan sebagai metode untuk mendapatkan nilai urutan prioritas fasilitas sementara yang terdapat pada lokasi proyek, dimana hasilnya nanti akan digunakan sebagai dasar pertimbangan untuk tindakan yang perlu dilakukan untuk mengoptimasi *site layout*. Untuk memperoleh data, dilakukan dengan melakukan wawancara dengan staf ahli dan *site engineer* proyek. Selanjutnya, perencanaan optimasi tata letak fasilitas suatu proyek akan mempertimbangkan jarak tempuh dan jumlah pekerja yang melewati fasilitas-fasilitas sementara. Pengukuran jarak dilakukan di lapangan dan disesuaikan dengan pengukuran pada *draft site layout* yang diberikan oleh *drafter* proyek. Sementara untuk mengetahui nilai keamanan pada proyek digunakan rumusan *safety index*. Nilai keamanan didapatkan melalui wawancara dengan pihak K3. Hasil dari perhitungan tersebut, dievaluasi dan ditentukan *site layout* yang paling optimum. Dari hasil penelitian ini. Didapatkan urutan prioritas fasilitas sementara dari yang tertinggi hingga terendah. Fasilitas tersebut adalah fabrikasi besi 1 untuk prioritas tertinggi dan stok *scaffolding* untuk prioritas terendah. Lalu, didapatkan *site layout* yang paling optimum dari beberapa opsi yang telah dicoba dengan melakukan pertukaran antar fasilitas sementara. Lokasi fasilitas yang ditukar adalah gudang K3 dengan gudang bata ringan dan baja bekisting kolom dengan fabrikasi bekisting kolom, dimana didapatkan nilai untuk *travelling distance* sebesar 72.660 dan nilai *safety index* sebesar 2398 penurunan yang didapatkan melalui proses optimasi ini sebesar 1.33% dari kondisi eksisting dengan menggunakan perbandingan rumusan yang diperoleh dari kontraktor.

Kata Kunci—Alat Berat, Optimasi, Perencanaan, *Site Layout*.

I. PENDAHULUAN

DI dalam proses konstruksi, tentunya banyak permasalahan yang berkaitan dengan manajemen konstruksi. Dimana banyak aspek yang dapat mempengaruhi jalannya suatu proyek tersebut, salah satunya adalah manajemen tata letak fasilitas dalam suatu proyek. Hal tersebut dapat menyelesaikan permasalahan, dalam memobilisasi bahan-bahan dan peralatannya. Sehingga manajemen tata letak fasilitas ini menjadi lebih optimal.

Perencanaan *site layout* pada suatu proyek merupakan hal yang sangat penting melaksanakan proyek konstruksi. Tujuan dari merencanakan *site layout* sendiri adalah untuk

menentukan letak fasilitas-fasilitas seperti kantor, *crane*, gudang, dan hal lainnya agar berada di lokasi yang optimal. Mengidentifikasi fasilitas-fasilitas pendukung yang dapat menunjang pekerjaan, serta menentukan besarnya ukuran luasan dan bentuk dari fasilitas-fasilitas pada lokasi yang tersedia [1]. Penentuan tata letak dari fasilitas-fasilitas itu dapat memberikan dampak yang besar terutama bagi proses pengerjaan yang mempertimbangkan waktu dan biaya proyek. Perencanaan tata letak proyek dibagi menjadi dua, yakni *equal site layout* dan *inequal site layout*. *Equal site layout* adalah sebuah keadaan dimana jumlah lokasi yang ada pada area proyek sama dengan kebutuhan yang diperlukan untuk penempatan fasilitas yang ada. Sedangkan *unequal site layout* adalah keadaan dimana jumlah lokasi yang tersedia pada proyek lebih banyak daripada jumlah lokasi yang dibutuhkan.

Pada penelitian ini, perencanaan tata letak fasilitas suatu proyek akan mempertimbangkan jarak tempuh yang dilewati oleh kendaraan maupun alat berat antara fasilitas penunjang proyek, dan seberapa sering perpindahan yang mengacu pada volume pekerjaan. Total jarak tempuh dari alat maupun kendaraan berat merupakan nilai yang akan dikumulatifkan setiap harinya.

Proyek pembangunan Grand Dharmahusada Lagoon yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur ini merupakan sebuah kawasan apartemen yang memiliki luas sebesar 4,2 hektar dan memiliki fasilitas-fasilitas lainnya seperti mall, *commercial area*, dll. Proyek yang dikerjakan oleh perusahaan konstruksi yaitu PT. Pembangunan Perumahan (Persero) ini memiliki lahan proyek yang tergolong luas. Sehingga letak antar *site layout facilities* berjauhan. Hal ini dapat dilihat dari letak penyimpanan baja dengan baja bekisting kolom cukup jauh dan kurang efektif dari segi mobilisasi material. Beberapa kendaraan harusnya bisa melewati beberapa hambatan dan memiliki jalur yang lebih baik. Begitu juga dengan banyaknya fasilitas sementara yang ada, diperlukan untuk melakukan tindakan yang spesifik. Hal ini dikarenakan banyaknya variabel yang dapat mempengaruhi pentingnya urutan fasilitas yang mempengaruhi seperti contoh ukuran bangunan dampak lingkungan, keamanan dll. Dengan ditentukannya urutan prioritas pada fasilitas sementara, diharapkan dapat menentukan tindakan yang tepat untuk mengoptimasi *site layout*. Oleh karena itu, perlu perencanaan *site layout* yang tepat untuk mendapatkan tata letak proyek yang sesuai dan optimal. Banyaknya perencanaan *site layout* ini diharapkan bisa memberikan solusi untuk menentukan bentuk *site layout* yang optimal sehingga dapat meningkatkan produktivitas

pekerjaan pada proyek ini. Harapannya penelitian ini bisa menjadi masukan yang positif bagi para kontraktor yang terkait dalam pengerjaan proyek ini.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Perencanaan Site layout

Dalam proses perencanaan *site layout* terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan, yakni: mengidentifikasi fasilitas-fasilitas yang akan dibutuhkan selama proses berjalannya konstruksi proyek, menentukan berapa ukuran dan bentuk, serta menentukan tata letak dari setiap fasilitas di lahan proyek konstruksi [2]. Perencanaan *site layout* memiliki peranan yang penting untuk meningkatkan operasional proyek yang aman dan efisien, meminimalisir waktu tempuh, meminimalisir material handling dan mengurangi rintangan dalam pergerakan material dan peralatan terutama pada proyek-proyek besar [2].

B. Tipe-Tipe dan Jenis Fasilitas

Identifikasi yang dilakukan berguna untuk mengetahui tipe-tipe fasilitas apa saja yang akan ditinjau. Tipe fasilitas yang akan diklasifikasikan menjadi bahan pertimbangan dalam optimasi *site layout*. Merujuk pada penelitian Tommelein (1991), tipe fasilitas dikelompokkan dalam tiga jenis yaitu [3]:

- Fasilitas sementara (*Temporary Facilities*): Dapat ditempatkan di lahan kosong mana saja yang terdapat pada lahan proyek konstruksi.
- Fasilitas tetap (*Fixed Facilities/Constraint*): Memiliki tempat yang tetap di lahan proyek konstruksi dan berhubungan dengan fasilitas lainnya.
- Obstacle: Non allocatable area* di lahan proyek konstruksi.

C. Travelling Distance (TD)

Travelling Distance (TD) adalah jarak yang dicapai selama terjadi pergerakan material, pekerja, dan peralatan dari satu fasilitas ke fasilitas yang lain [1]. Apabila ketersediaan lahan pada suatu proyek konstruksi sangat luas, maka *demand* pada area utama akan meningkat sehingga mengakibatkan penempatan fasilitas menjadi lebih tersebar [3]. Hal ini adalah salah satu akibat yang menyebabkan bertambahnya jarak tempuh. TD dilakukan setelah melakukan menentukan proses mengurutkan prioritas fasilitas menggunakan *fuzzy*. Salah satu kriteria yang digunakan dalam *fuzzy set* adalah jarak titik temu antar fasilitas sementara. Sehingga dapat mempengaruhi jarak mobilisasi pekerja pada *site layout* proyek [4].

D. Fuzzy Set

Menurut Mcneill (1994), teori *fuzzy* merupakan pengembangan dari teori set (biasa) dan *crisp set* suatu tingkat keanggotaan elemen pada *fuzzy set* berkisar diantara [0,1], berbeda dengan *crisp set* yang berada di himpunan {0,1}. Kegunaan pertama *fuzzy* dilakukan secara tidak sengaja oleh insinyur inggris bernama Ebrahim Mamdani, untuk untuk menciptakan sistem yang didasarkan pada teori keputusan Bayesian. Metode ini mendefinisikan probabilitas dalam situasi yang tidak pasti, mempertimbangkan peristiwa

setelah fakta untuk memodifikasi prediksi tentang hasil di masa depan.

E. Indeks Kekaburan

Menurut Yasna (2018), indeks kekaburan adalah jarak yang membedakan antara suatu himpunan *fuzzy A* dengan himpunan *crisp* terdekat [5]. Fungsi *f* harus mengikuti beberapa hal tertentu dalam mengukur indeks kekaburan yakni:

- $F(A) = 0$ jika dan hanya jika *A crisp*.
- Jika $A < B$ maka $f(A) < f(B)$, jika $A < B$ berarti *B* lebih kabur atau *A* lebih tajam dari *B*.

$F(x)$ akan mencapai max *A* sangat kabur secara maksimum (nilai *fuzzy* maks = 0,5). Terdapat 3 kelas, yang biasa digunakan dalam mencari indeks kekaburan, yakni:

- Hamming Distance*:

$$F(A) = \sum |\mu_A[x] - \mu_C[x]|$$

$$F(A) = \sum \min\{\mu_A[x], 1 - \mu_C[x]\}$$
- Euclidian Distance*:

$$F(A) = \{\sum [\mu_A[x] - \mu_C[x]]^2\}^{1/2}$$
- Minkowski Distance*:

$$F(A) = \sum [\mu_A[x] - \mu_C[x]]^w\}^{1/w}$$

F. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah teknik untuk mendukung proses pengambilan keputusan untuk menentukan pilihan terbaik dari beberapa alternatif yang dapat diambil [6]. Kemudian telah mengalami perkembangan hingga saat ini. AHP dapat memberikan kerangka yang rasional dan komprehensif dalam pengambilan keputusan. Penggunaan AHP merupakan metode yang tepat untuk menentukan urutan prioritas fasilitas sementara, karena dapat mengatasi permasalahan akan banyaknya variabel yang ada. Metode ini juga dihubungkan dengan *fuzzy*, karena dengan AHP saja dinilai kurang dalam mengatasi permasalahan yang memiliki sifat samar atau tak tentu.

Untuk membuat keputusan secara terorganisir dalam menghasilkan prioritas yang paling optimum, terdapat uraian seperti berikut:

- Identifikasi masalah dan menentukan pengetahuan yang dicari.
- Mengurutkan struktur hierarki dengan tujuan keputusan (bergantung pada unsur-unsur berikutnya).
- Mengidentifikasi matriks perbandingan berpasangan untuk membandingkan elemen-elemen yang akan ditinjau.
- Menggunakan prioritas yang diperoleh dari perbandingan untuk menimbang prioritas yang tertinggi.

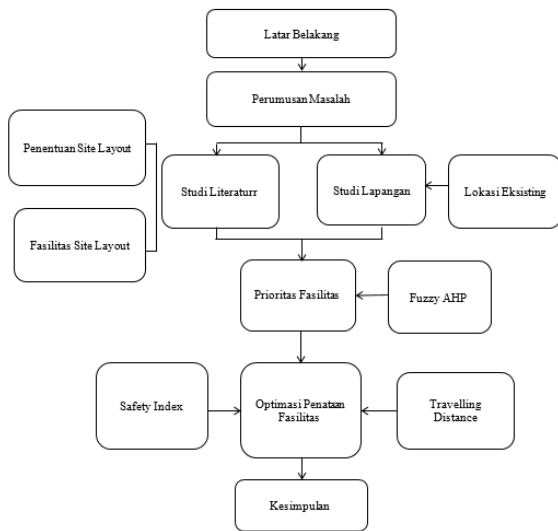
G. Safety Index (Tingkat Keamanan)

Parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat resiko yang dilalui oleh pekerja saat melakukan perpindahan dari fasilitas awal ke fasilitas tujuannya [1]. Tingkat resiko bahaya yang dilewati, dapat mempengaruhi tingkat keamanan pekerja.

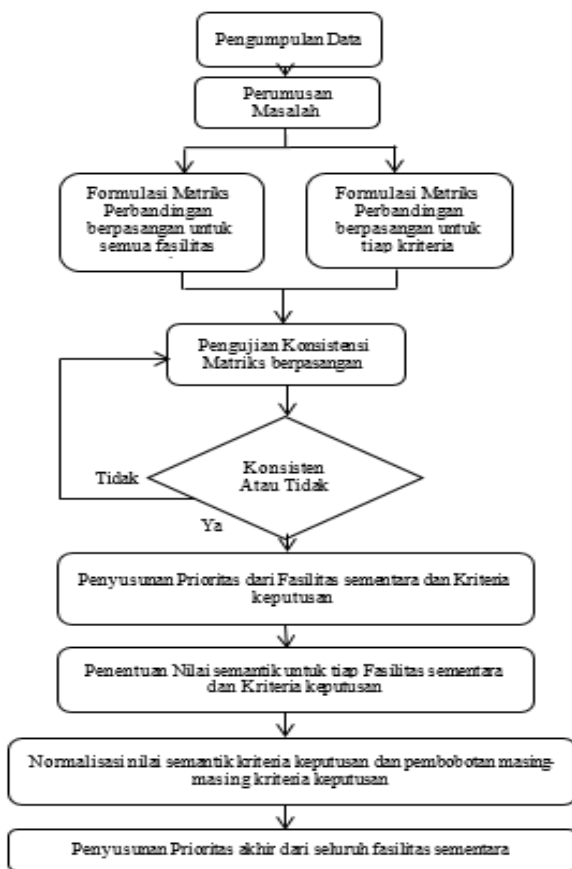
H. Metodologi

1) Optimasi Penataan Fasilitas Sementara dengan Menggunakan Parameter Traveling Distance

Optimasi penataan fasilitas sementara pada proyek didapat dari hasil perhitungan *traveling distance* dimana nilai



Gambar 1. Diagram alir penelitian.



Gambar 2. Diagram alir fuzzy AHP.

tersebut dianalisa dari hasil akumulatif total perkalian jarak antara fasilitas dengan frekuensi perjalanan pekerja. Nilai tersebut didapat dari hasil survei di lapangan. Lalu keputusan lokasi terbaik diketahui dari nilai *travelling distance* terkecil.

$$Traveling Distance (TD) = \sum_{m,i=1}^n (d_{mi} * f_{mi})$$

Dimana:

n = Jumlah fasilitas total

f_{mi} = Frekuensi perjalanan dari fasilitas m menuju i

d_{mi} = Jarak fasilitas m menuju i

2) Perhitungan Safety Index

Safety index adalah suatu tingkat resiko bahaya yang dapat terjadi berdasarkan fasilitas yang dilalui dalam proyek

Tabel 1. Jumlah luasan fasilitas

No	Fasilitas	Luas (m ²)
1	Fabrikasi Besi 1	290
2	Musholla	36.5
3	Baja Bekisting Kolom	100
4	Gudang K3	64
5	Gudang Bata Ringan	20.3
6	Fabrikasi Bekisting Kolom	79.3
7	Penyimpanan Baja	200
8	Fabrikasi Besi 2	200
9	Stock Scaffolding	100

tersebut. dirumuskan hubungan antara keamanan dengan frekuensi perpindahan dengan persamaan berikut:

$$SI (Safety Index) = \sum_{i,j=1}^n S_{ij} x F_{ij}$$

Dimana:

n = Jumlah fasilitas total

F_{ij} = Frekuensi perjalanan dari fasilitas i menuju j

S_{ij} = Nilai *safety index* total i menuju j

3) Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan diagram alir metode *fuzzy AHP* dapat dilihat pada Gambar 2.

III. PEMBAHASAN

A. Survei dan Pengumpulan Data

Survei dilakukan pada proyek pembangunan gedung apartemen di Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya yang berlokasi di Jl. Raya Mulyosari No.366 A, Mulyorejo, Kec. Mulyorejo, Kota Surabaya, Jawa Timur. Proyek Grand Dharmahusada Lagoon merupakan proyek apartemen dengan fasilitas yang mendukung kebutuhan penghuni. Contohnya seperti, *mall*, *commercial area*, dan taman-taman yang tersebar di penjuru kawasan. Survei dilakukan untuk memperoleh data kepentingan antara fasilitas pada tiap kriteria, kepentingan antar kriteria keputusan, tata letak fasilitas dan ukuran tiap fasilitas, jarak antar fasilitas, serta perpindahan antar fasilitas.

Survei dilakukan dengan melibatkan staf ahli dari lokasi proyek seperti *site engineer* yang menangani metode proyek, seperti *site engineer* yang menangani metode proyek, dan *drafter* pada lokasi proyek. Dari proses survei dan wawancara dengan kontraktor didapatkan informasi bahwa kebutuhan fasilitas selama proses konstruksi yang dibutuhkan sebanyak 9, yaitu gudang K3, fabrikasi bekisting kolom, gudang bata ringan, penyimpanan baja, stok *scaffolding*, baja bekisting kolom, fabrikasi besi 1, fabrikasi besi 2, musholla.

Dari hasil survei yang dilakukan melalui proses pengamatan di lapangan dan wawancara pada kontraktor, maka didapatkan data sebagai berikut:

- Untuk mengoptimasi *site layout*, maka perlu identifikasi fasilitas. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa jumlah fasilitas dan karakteristik dari fasilitas tersebut. Fasilitas yang ada diidentifikasi untuk mengetahui luas masing-masing fasilitas. Hasil identifikasi luasan yang telah diukur melalui *draft* yang telah diberikan oleh pihak proyek bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2.
Matriks perbandingan berpasangan antar fasilitas

Ukuran Bangunan (C1)	Fabrikasi Besi 1	Fabrikasi Bekisting Kolom	Gudang Bata Ringan	Penyimpanan Baja	Stok Scaffolding	Baja Bekisting Kolom	Gudang K3	Fabrikasi Besi 2	Musholla	ΣSum
Fabrikasi Besi 1	0.5	1	0	1	1	1	1	1	1	7.5
Fabrikasi Bekisting Kolom	0	0.5	0	1	1	1	1	1	0	5.5
Gudang Bata Ringan	1	1	0.5	0	0	1	1	1	1	6.5
Penyimpanan Baja	0	0	1	0.5	1	1	1	1	0	6.0
Stok Scaffolding	0	0	1	0	0.5	0	0	1	0	2.5
Baja Bekisting Kolom	0	0	0	0	1	0.5	0.5	1	0	3.0
Gudang K3	0	0	0	0	1	0.5	0.5	1	0	3.0
Fabrikasi Besi 2	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0.5
Musholla	0	1	0	1	1	1	1	1	1	6.5

Tabel 3.
Matriks jarak antar fasilitas

Ukuran Bangunan (C1)	Fabrikasi Besi 1	Fabrikasi Bekisting Kolom	Gudang Bata Ringan	Penyimpanan Baja	Stok Scaffolding	Baja Bekisting Kolom	Gudang K3	Fabrikasi Besi 2	Musholla	ΣSum
Fabrikasi Besi 1	0.00	53.31	75.33	35.49	93.79	90.23	25.24	24.97	65.02	0.00
Fabrikasi Bekisting Kolom	53.31	0.00	137.55	34.85	149.33	141.27	108.13	139.19	116.97	53.31
Gudang Bata Ringan	75.33	137.55	0.00	69.82	119.95	112.12	55.25	26.02	36.00	75.33
Penyimpanan Baja	35.49	34.85	69.82	0.00	122.33	115.42	52.47	24.52	83.41	35.49
Stok Scaffolding	93.79	149.33	141.27	122.33	0.00	10.41	94.96	123.78	99.91	93.79
Baja Bekisting Kolom	90.23	141.27	112.12	115.42	10.41	0.00	92.29	121.29	98.48	90.23
Gudang K3	25.24	108.13	55.25	52.47	94.96	92.29	0.00	32.37	12.80	25.24
Fabrikasi Besi 2	24.97	139.19	26.02	24.52	123.78	121.29	32.37	0.00	35.67	24.97
Musholla	65.02	116.97	36.00	83.41	99.91	98.48	12.80	35.67	0.00	65.02

Tabel 4.
Frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas

Ukuran Bangunan (C1)	Fabrikasi Besi 1	Fabrikasi Bekisting Kolom	Gudang Bata Ringan	Penyimpanan Baja	Stok Scaffolding	Baja Bekisting Kolom	Gudang K3	Fabrikasi Besi 2	Musholla	ΣSum
Fabrikasi Besi 1	0	35	32	31	6	9	14	8	3	0
Fabrikasi Bekisting Kolom	35	0	23	21	24	28	16	10	7	35
Gudang Bata Ringan	32	23	0	13	10	16	24	9	5	32
Penyimpanan Baja	31	21	13	0	2	8	14	12	7	31
Stok Scaffolding	6	24	10	2	0	17	8	8	9	6
Baja Bekisting Kolom	9	28	16	8	17	0	20	10	3	9
Gudang K3	14	16	24	14	8	20	0	4	5	14
Fabrikasi Besi 2	8	10	9	12	8	10	4	0	3	8
Musholla	3	7	5	7	9	3	5	3	0	3

- b. Matriks perbandingan berpasangan antar fasilitas sementara diperoleh dari perhitungan hasil wawancara kepada staf ahli di lapangan. Contoh hasil perbandingan matriks berpasangan dapat dilihat pada Tabel 2. Jarak antar fasilitas diperoleh dari pengukuran di lapangan. Hasil pengukuran jarak antar fasilitas pada lokasi proyek. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.
- c. Frekuensi antar fasilitas dari proses pengamatan di lapangan dan wawancara dengan kontraktor pelaksana pada proyek tersebut, maka didapat data frekuensi perpindahan pekerja antar fasilitas dapat dilihat pada Tabel 4.
- d. *Safety index*, didapat dari hasil wawancara dengan petugas K3 di lapangan tentang daerah mana saja yang termasuk zona yang berbahaya dan tingkat resiko bagi

para pekerja. Kriteria *safety index* dapat dilihat pada Tabel 5.

B. Perhitungan Fuzzy AHP

Setelah didapat hasil survei, maka langkah berikutnya yang harus dilakukan adalah melakukan matriks perbandingan AHP sehingga didapatkan nilai prioritas antar fasilitas sementara untuk tiap-tiap kriteria keputusan dan nilai prioritas antar kriteria keputusan.

C. Klasifikasi dan Skoring Elemen Kriteria

Setelah didapatkan nilai total dari tiap-tiap fasilitas sementara, selanjutnya fasilitas sementara diurutkan dari nilai terbesar hingga nilai terkecil sehingga dapat dibandingkan satu fasilitas dengan yang lainnya untuk pemberian nilai

Tabel 5.
Kriteria nilai keamanan

Nilai Keamanan	Kriteria
1	Berada pada zona luar radius <i>crane</i> , dan berjarak lebih 15 m dari situs konstruksi
2	Berada pada zona radius <i>crane</i> , dan berjarak lebih 15 m dari situs konstruksi
3	Berada pada zona radius <i>crane</i> , dan berjarak 15 m atau kurang dari situs konstruksi

Tabel 6.
Penyusunan nilai prioritas

Ukuran Bangunan (C1)	Σ Sum	Score
Fabrikasi Besi 1	7.5	1
Gudang Bata Ringan	6.5	0.818
Musholla	6.5	0.739
Penyimpanan Baja	6	0.6
Fabrikasi Bekisting Kolom	5.5	0.481
Baja Bekisting Kolom	3	0.333
Gudang K3	3	0.29
Stok <i>Scaffolding</i>	2.5	0.212
Fabrikasi Besi 2	0.5	0.111

Tabel 7.
Operasi nilai semantik

Operasi Semantik	ia1j	Irj
Sama	0.5	1
Berbeda Tipis	diantara	0.525 0.905
		0.55 0.818
Sedikit Berbeda	diantara	0.575 0.739
		0.6 0.667
Cukup Berbeda	diantara	0.625 0.6
		0.65 0.538
Berbeda yang Cukup Signifikan	diantara	0.675 0.481
		0.7 0.429
Jelas Berbeda	diantara	0.725 0.379
		0.75 0.333
Sangat Berbeda	diantara	0.775 0.29
		0.8 0.25
Berbeda Secara Signifikan	diantara	0.825 0.212
		0.85 0.176
Berbeda Secara Sangat Signifikan	diantara	0.875 0.143
		0.9 0.111
Berbeda Cukup Ekstrim	diantara	0.925 0.081
		0.95 0.053
Tidak Dapat Disamakan	diantara	0.975 0.026
		1 0

semantik seperti contoh pada Tabel 6 dan 7 secara lengkap dapat dilihat pada lampiran dimana nilai-nilai tersebut didapatkan dari Tabel 6.

D. Pembobotan dan Normalisasi Nilai Semantik

Pembobotan diberikan untuk tiap kriteria keputusan dengan cara menormalisasi nilai semantik kriteria keputusan yang ada seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

E. Penentuan Akhir Priortitas Fasilitas Sementara

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab 2 tentang cara mencari indeks kekaburan, dengan cara *hamming* dan *euclidian*, maka diketahui prioritas semua fasilitas sementara yang terdapat pada proyek seperti ditunjukkan pada Tabel 9. Maka urutan prioritas fasilitas sementara pada proyek dapat dilihat pada Tabel 10. Dari hasil perhitungan *fuzzy AHP* didapatkan sebuah kesimpulan, dimana fasilitas sementara yang memiliki nilai prioritas tertinggi adalah fabrikasi besi 1. Sedangkan nilai prioritas terendah adalah stok *scaffolding*.

Tabel 8.
Pemberian nilai semantik kriteria keputusan

Ukuran Bangunan (C1)	Σ Sum	Score
Fabrikasi Besi 1	7.5	1
Gudang Bata Ringan	6.5	0.818
Musholla	6.5	0.739
Penyimpanan Baja	6	0.6
Fabrikasi Bekisting Kolom	5.5	0.481
Baja Bekisting Kolom	3	0.333
Gudang K3	3	0.29
Stok <i>Scaffolding</i>	2.5	0.212
Fabrikasi Besi 2	0.5	0.111

Tabel 9.
Rekapitulasi prioritas sementara

Fasilitas Sementara	$p = 1$	$p = 2$	Rata-rata
	$u(j)$	$u(j)$	$u(j)$
Gudang Bata Ringan	0.501	0.390	0.446
Fabrikasi Besi 1	0.956	0.933	0.944
Musholla	0.763	0.802	0.783
Fabrikasi Bekisting Kolom	0.451	0.410	0.430
Penyimpanan Baja	0.265	0.246	0.256
Baja Bekisting Kolom	0.544	0.643	0.593
Gudang K3	0.500	0.524	0.512
Stok <i>Scaffolding</i>	0.183	0.196	0.189
Fabrikasi Besi 2	0.208	0.246	0.227

Tabel 10.
Urutan priortitas fasilitas sementara

Urutan Prioritas	Fasilitas Sementara
1	Fabrikasi Besi 1
2	Musholla
3	Baja Bekisting Kolom
4	Gudang K3
5	Gudang Bata Ringan
6	Fabrikasi Bekisting Kolom
7	Penyimpanan Baja
8	Fabrikasi Besi 2
9	Stok <i>Scaffolding</i>

Data ini digunakan untuk menentukan tindakan yang perlu dilakukan, dan menjadi dasar pertimbangan saat melakukan proses optimasi.

F. Alternatif Tata Letak Site Layout

Dari perhitungan sebelumnya, jumlah fasilitas yang diperlukan untuk dioptimasi adalah 9. Urutan nomor 1 sampai 8 merupakan fasilitas yang memiliki nilai prioritas tertinggi sesuai dengan urutannya. Fasilitas nomor 9 yang merupakan fasilitas stok *scaffolding* memiliki prioritas terendah dari fasilitas lainnya. Sehingga fasilitas stok *scaffolding* tidak dilakukan pertukaran sama sekali dengan fasilitas lainnya dan dianggap jauh dari lokasi proyek. Dan juga ditentukan ketentuan ketentuan seperti berikut:

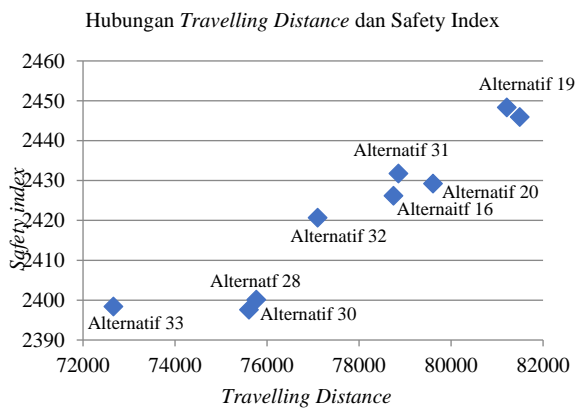
- Alternatif tidak bisa dilakukan pada fasilitas fabrikasi Besi 1 dengan fasilitas lainnya, dikarenakan perbedaan luas yang terlalu besar meski memiliki nilai prioritas paling tinggi.
- Alternatif dapat dilakukan jika keadaan di sekitar memiliki luasan yang masih memungkinkan karena perbedaan fasilitas yang cukup kecil dan tidak mengganggu alur pekerja.
- Alternatif tidak dilakukan pada musholla karena lokasi fasilitas tersebut berada di luar wilayah konstruksi.
- Stok *scaffolding* ditetapkan sebagai *fixed facilities* dikarenakan memiliki nilai prioritas terendah. Sehingga

Tabel 11.
Hasil perhitungan *travelling distance*

Alternatif	TD	Kenaikan	Penurunan
Kondisi Eksisting	75768.1		
1	78857.3	3.917	
2	81212.1	6.703	
3	79607.0	4.822	
4	75607.4		0.213
5	77100.2	1.728	
6	81491.6	7.023	
7	78748.4	3.784	
8	72660.3		4.277

Tabel 12.
Hasil perhitungan *safety index*

Alternatif	Safety Index	Kenaikan	Penurunan
Kondisi Eksisting	2400.1	-	-
Alternatif 16	2431.7	-1.302	
Alternatif 19	2448.3	-1.969	
Alternatif 20	2429.2	-1.200	
Alternatif 28	2397.6		0.104
Alternatif 30	2420.6	-0.850	
Alternatif 31	2445.9	-1.874	
Alternatif 32	2426.2	-1.075	
Alternatif 33	2398.4		0.071



Gambar 3. Hubungan *travelling distance* dan *safety index*

tidak dapat dilakukan pertukaran lokasi dengan fasilitas lainnya.

Dari ketentuan tersebut didapatkan 8 alternatif tata letak *site layout* yang dapat digunakan untuk melakukan proses optimasi pada proyek. 8 alternatif tersebut adalah sebagai berikut:

- Kondisi Awal**
Kondisi eksisting pada tabel diatas adalah lokasi fasilitas-fasilitas sementara yang masih belum dilakukan pertukaran lokasi sama sekali.
- Alternatif 16**
Pada alternatif 16, terdapat 2 fasilitas yang ditukar lokasinya, yaitu lokasi fabrikasi bekisting kolom dan baja bekisting kolom.
- Alternatif 19**
Pada alternatif 19, terdapat 2 fasilitas yang ditukar lokasinya, yaitu lokasi gudang bata ringan dan gudang K3.
- Alternatif 20**
Pada alternatif 20, terdapat 2 fasilitas yang ditukar lokasinya, yaitu lokasi fabrikasi bekisting kolom dan gudang K3.

- Alternatif 28**
Pada alternatif 28, terdapat 2 fasilitas yang ditukar lokasinya, yaitu lokasi fabrikasi besi 2 dan penyimpanan baja.
- Alternatif 30**
Pada alternatif 30, terdapat 4 fasilitas yang ditukar lokasinya, yaitu lokasi fabrikasi besi 2 dengan penyimpanan baja dan fabrikasi bekisting kolom dan baja bekisting kolom.
- Alternatif 31**
Pada alternatif 31, terdapat 4 fasilitas yang ditukar lokasinya, yaitu lokasi fabrikasi besi 2 dengan penyimpanan baja dan gudang bata ringan dan gudang K3.
- Alternatif 32**
Pada alternatif 32, terdapat 4 fasilitas yang ditukar lokasinya, yaitu lokasi fabrikasi besi 2 dengan penyimpanan baja dan fabrikasi bekisting kolom dengan gudang K3.
- Alternatif 33**
Pada alternatif 33, terdapat 4 fasilitas yang ditukar lokasinya, yaitu lokasi gudang K3 dengan gudang bata ringan dan baja bekisting kolom dengan fabrikasi bekisting kolom.

G. Perhitungan Travelling Distance

Travelling distance didapat dari hasil perhitungan *traveling distance* dimana nilai tersebut dianalisa dari hasil akumulatif total perkalian jarak antara fasilitas dengan frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan *travelling distance* dapat dilihat pada Tabel 11.

H. Perhitungan Safety Index

Safety index didapat dari hasil perhitungan dengan mengalikan tingkat keamanan dengan frekuensi perpindahan pekerja. Hasil dari perhitungan tersebut dijumlahkan secara keseluruhan. Hasil perhitungan *safety index* dapat dilihat pada Tabel 12.

I. Hubungan Antara Travelling Distance dan Safety Index

Dari perhitungan *travelling distance* dan *safety index* sebelumnya. Kita mencari hubungan antara keduanya dengan menggunakan perhitungan dalam grafik seperti pada Gambar 3. Dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa alternatif 28 dan 33 memiliki nilai TD dan SI yang paling minimum, sedangkan alternatif-alternatif yang lain menunjukkan bahwa adanya kenaikan yang cukup signifikan. Hal tersebut menandakan bahwa setelah melakukan beberapa kali pertukaran lokasi fasilitas, justru mengakibatkan tidak optimalnya fasilitas tersebut.

$$\begin{aligned} \text{Alternatif 28} &= 30\% \times \%TD + 70\% \times \%SI \\ &= 30\% \times 0.2126\% + 70\% \times 0.1041\% \\ &= 0.104\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Alternatif 33} &= 30\% \times \%TD + 70\% \times \%SI \\ &= 30\% \times 4.2773\% + 70\% \times 0.0707\% \\ &= 1.332\% \end{aligned}$$

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa alternatif 33 memiliki persentase yang cukup besar dibanding alternatif 28, dan memiliki nilai TD dan SI yang lebih kecil dibanding kondisi eksisting. Sehingga memiliki jarak yang lebih minimum dan tingkat keamanan yang lebih baik untuk pekerja.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan *fuzzy AHP*, perhitungan *travelling distance* dan *safety index* pada proyek pembangunan Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya didapat kesimpulan sebagai berikut; (1) Pada perhitungan *fuzzy AHP*, didapatkan 8 rencana fasilitas sementara yang paling prioritaskan dalam pekerjaan proyek tersebut. 8 fasilitas itu adalah fabrikasi besi 1, musholla, baja bekisting kolom, gedung K3, gudang bata ringan, fabrikasi bekisting kolom, penyimpanan baja, fabrikasi besi 2. 1 fasilitas yang tidak termasuk prioritas tersebut yaitu stok *scaffolding*. Hal ini dikarenakan perkembangan proyek sudah cukup jauh sehingga kebutuhan akan stok *scaffolding* menurun dan mengakibatkan pekerja jarang melewati fasilitas tersebut; (2) Pada perhitungan *travelling distance* dan *safety index*, didapatkan bahwa *site layout* yang paling optimum adalah kondisi pada saat alternatif 33 dimana pertukaran dilakukan pada fasilitas. Gudang K3 dengan gudang bata ringan dan baja bekisting kolom dengan fabrikasi bekisting kolom. Lalu didapatkan

nilai TD sebesar 72660 dan nilai SI sebesar 2398, serta penurunan nilai sebesar 1.33% setelah dilakukan proses optimasi dari kondisi sebelumnya melalui perbandingan rumusan yang diperoleh dari kontraktor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. T. Effendi, T. J. W. Andi, and Y. E. Putri, "Optimasi *site layout* menggunakan multi-objectives function pada proyek pembangunan apartemen puncak kertajaya surabaya," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [2] T. Hegazy and E. Elbeltagi, "EvoSite: Evolution-based model for *site layout planning*," *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 13, no. 3, pp. 198–206, 1999.
- [3] I. D. Tommelein, R. E. Levitt, B. Hayes-Roth, and T. Confrey, "SightPlan experiments: Alternate strategies for *site layout design*," *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 42–63, 1991.
- [4] F. M. McNeill and E. Thro, *Fuzzy Logic*. United States of America: Academic Press, Inc, 1994.
- [5] I. M. Yasna, "Mengetahui himpunan kabur (fuzzy set) dalam pembelajaran matematika: suatu kajian pustaka," *Suluh Pendidik.*, vol. 16, no. 1, 2018.
- [6] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," *Int. J. Serv. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 83–98, 2008.