

# Optimasi (EQUAL) Site *Layout* Menggunakan *Multi-Objectives Function* pada Proyek A

Dwiky Pranarka dan Tri Joko Wahyu Adi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* tri\_joko@ce.its.ac.id

**Abstrak**—Pada setiap proyek konstruksi, selalu menggunakan *site facilities* untuk menunjang kinerja dalam proyek. Jenis *site facilities* ini tidaklah sama pada setiap proyek karena masing – masing proyek memiliki karakteristik, metode, dan lahan yang berbeda. Tata letak *site facilities* tersebut harus di atur karena memiliki dampak terhadap waktu dan biaya pengerjaan proyek. Pada penelitian sebelumnya, untuk mengoptimasi *site layout* digunakan *single objective function* dan jarak perjalanan hanya diukur secara horizontal. Berbeda dengan penelitian ini yang menggunakan *multi-objectives function* yaitu *Traveling Distance* dan *Safety Index* dan jarak perjalanan yang diukur secara vertikal dan horizontal. Untuk mendapatkan *site layout* yang optimal, maka langkah yang dilakukan yaitu meminimalkan *traveling distance* dan *safety index*. Dari 6 skenario maka didapat hasil *traveling distance* paling minimum yaitu pada skenario 6 dengan nilai sebesar 119.754,9 atau mengalami penurunan nilai sebesar 9,91% bila dibandingkan dengan kondisi awal. Sedangkan nilai *safety index* paling minimum yakni pada skenario 4 dengan nilai sebesar 3.149,84 atau mengalami penurunan sebesar 5,96% bila dibandingkan dengan kondisi awal

**Kata Kunci**—Equal Site Layout, Optimasi, Safety Index, Traveling Distance

## I. PENDAHULUAN

DALAM setiap pengerjaan proyek konstruksi, selalu kita temui fasilitas proyek (*site facilities*) yang letaknya berada di sekitar pembangunan proyek tersebut. Fasilitas sementara tersebut berfungsi sebagai penunjang kinerja suatu proyek. Fasilitas-fasilitas ini tidak pernah sama dalam setiap proyek. Hal ini tergantung pada macam dan besar proyeknya, keadaan/medan dan cuaca lapangan pada proyek, proses dan urutan pelaksanaan proyek, serta metode yang digunakan dalam proyek tersebut [1]. Tata letak fasilitas sementara tersebut memiliki dampak yang penting bagi waktu pengerjaan proyek dan biaya proyek terutama pada proyek-proyek besar seperti pembangunan infrastruktur Negara. Besar kecilnya ruang yang diberikan untuk penempatan masing-masing *site facility* tergantung dari lahan yang berada di sekitar proyek. Semakin besar ruang yang diberikan dan dipakai, maka perjalanan antar fasilitas juga akan semakin banyak memakan waktu. Untuk itu diperlukan pengaturan *site facilities* dalam penentuan *site layout* yang optimal.

Dalam penelitian ini, untuk mengoptimalkan *site layout* dalam suatu proyek ada dua variabel yang digunakan yaitu *travel distance* (TD) dan *safety index* (SI). yang dimaksud dengan *travel distance* di sini adalah jarak total perjalanan pekerja pada proyek dalam satu harinya.

Sedangkan *safety index* adalah index angka keamanan kerja (tingkat bahaya kecelakaan) pada suatu zona dalam proyek. Semakin besar nilai *safety index*nya maka semakin besar pula tingkat bahaya kecelakaannya. Untuk pengklasifikasian *safety index*nya dapat dilihat pada bab berikutnya.

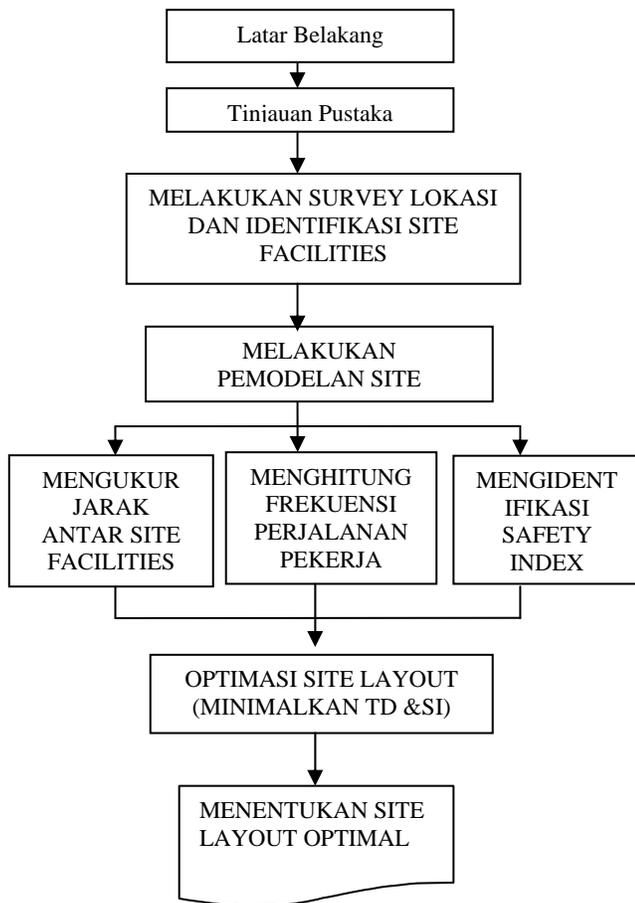
Proses penempatan *site facilities* bukan merupakan pekerjaan yang mudah karena masing – masing fasilitas dapat ditempatkan di lokasi yang berbeda – beda. Produktivitas kerja dalam sebuah proyek konstruksi sangat ditentukan oleh pengaturan dan penempatan fasilitas proyek (*site facilities*). Jika *travel distance* dan *safety index* yang dihasilkan dalam penempatan *site facilities* besar, maka produktivitas kerja dalam proyek tersebut kecil. Dan sebaliknya jika *travel distance* dan *safety index* yang dihasilkan kecil, maka produktivitas kerja menjadi besar. Untuk itu diperlukan penempatan *site facilities* yang benar agar produktivitas kerja dalam proyek menjadi besar.

Pada proses penempatan *site facilities*, terdapat dua kondisi penempatan di lapangan yaitu *equal site layout* dan *unequal site layout*. *Equal site layout* di gunakan manakala jumlah fasilitas sama dengan jumlah tempat yang tersedia dalam proyek. Sedangkan *unequal site layout* di gunakan manakala jumlah fasilitas lebih sedikit dari jumlah tempat yang tersedia dalam proyek. Dalam penelitian ini akan digunakan *Equal site layout* dalam pemodelannya.

Pada penelitian – penelitian sebelumnya, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk optimasi *site layout* ini. Pada tahun 1999, elbetagi dan hegazy melakukan optimasi *site layout* dengan menggunakan metode *evolution-based model* [2]. Begitu juga dengan Li, H. & Love, P (1998) yang melakukan optimasi *site layout* dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm* [3]. Pada penelitian tersebut, hegazy dan elbetagi serta Li, H. & Love, P hanya menggunakan 1 *objective function* yaitu *travel distance*. Pada penelitian sebelumnya, yeh (1995) juga melakukan optimasi dengan menggunakan 1 *objective function* yang sama tetapi menggunakan metode yang berbeda yaitu *simulated annealing*. Pada tahun 1999, Zouein and tommelien juga melakukan optimasi *site layout* dengan menggunakan metode *hybrid incremental solution method* [4]. Namun yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada fungsi objektif *safety index*. Penelitian sebelumnya hanya menggunakan 1 *objective function* yaitu *travel distance*. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan 2 *objective function* yaitu *travel distance* dan *safety index*

## II. METODOLOGI

Metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Tugas Akhir

Penjelasan lengkap tentang Metodologi dapat dilihat pada buku Tugas Akhir penulis [5].

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Survey dan Pengumpulan Data

Survey lokasi proyek dilakukan pada proyek pembangunan hotel A di wilayah Surabaya. Survey dilakukan untuk memperoleh data tata letak fasilitas dan ukuran tiap-tiap fasilitas, jarak antar fasilitas, frekuensi perpindahan antar fasilitas, serta identifikasi safety index. Dari hasil survey yang dilakukan melalui proses pengamatan di lapangan dan wawancara dengan project manager pada proyek tersebut, maka diperoleh Jumlah fasilitas yang tersedia berjumlah 9 fasilitas yaitu site office, storage, parking area, rebar fabrication, formwork fabrication, genset, toilet, barak, dan stock yard. Berikut merupakan gambar site layout dari hasil survey



Gambar 2. Site Layout Proyek

Dari proses pengukuran di lapangan dan gambar *site layout* proyek maka di dapat jarak antar fasilitas seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Jarak Antar Fasilitas

JARAK (meter)	site office	store	parking	rebar	formwork	genset	toilet	barak	stock yard
site office	0	43.4	76.2	10	39	39.4	39.2	196.2	27.96
store	43.4	0	76.3	31.5	70.9	22.8	25.6	196.3	20.39
parking	76.2	76.3	0	64.3	90.7	73.8	73.5	120	60.49
rebar	10	31.5	64.3	0	35	27.5	27.3	184.3	15.97
formwork	39	70.9	90.7	35	0	66.9	66.7	210.7	52.74
genset	39.4	22.8	73.8	27.5	66.9	0	2	193.8	3.93
toilet	39.2	25.6	73.5	27.3	66.7	2	0	193.5	3.66
barak	196.2	196.3	120	184.3	210.7	193.8	193.5	0	180.49
stock yard	27.96	20.39	60.49	15.97	28.17	3.93	3.66	180.49	0

Dari proses pengamatan di lapangan dan wawancara dengan project manager pada proyek tersebut selaku *expert*, maka didapat data frekuensi perpindahan pekerja antar fasilitas sebagai berikut :

Tabel . Frekuensi Perpindahan Antar Fasilitas

FREKUENSI (dalam 1 hari)	site office	store	parking	rebar	formwork	genset	toilet	barak	stock yard
site office	0	2	100	2	4	1	50	0	0
store	2	0	6	125	100	2	6	4	2
parking	100	6	0	150	200	6	10	0	1
rebar	2	125	150	0	2	2	50	20	5
formwork	4	100	200	2	0	2	40	20	2
genset	1	2	6	2	2	0	2	2	0
toilet	50	6	10	50	40	2	0	10	2
barak	0	4	0	20	20	2	10	0	2
stock yard	0	2	1	5	2	0	2	2	0

Dari hasil wawancara dengan K3 officer dan project manager di lapangan mengenai tingkat bahaya kecelakaan kerja pada seluruh zona proyek. Maka didapat 3 zona kecelakaan yang memungkinkan terjadi. Zona pertama adalah zona kejatuhan tower crane dengan radius sebesar 110 meter (sesuai dengan tinggi tower crane), zona kedua yakni perputaran lengan tower crane dengan radius sebesar 55 meter (sesuai dengan panjang lengan tower crane), zona ketiga yakni zona tersengat tegangan listrik genset dengan radius 20 meter. Kemudian safety index tersebut dihitung dengan menggunakan proporsi jarak dan berikut merupakan hasil perhitungannya :

Tabel 3.  
Safety Index Antar Fasilitas

safety	site office	store	parking	rebar	Formwork	genset	toilet	barak	stock yard
site office	0	2	1.85	1	1	2.18	2.12	1.26	1.84
store	2	0	2.15	1.71	1.31	2.08	2.07	1.38	1.42
parking	1.85	2.15	0	2.02	1.61	2.26	2.25	1	2.1
rebar	1	1.71	2.02	0	1	2.69	3	1.35	3
formwork	1	1.31	1.61	1	0	1.73	1.73	1.31	1.64
genset	2.18	2.08	2.26	2.69	1.73	0	3	1.47	3
toilet	2.12	2.07	2.25	2.67	1.73	3	0	1.48	3
barak	1.26	1.38	1	1.35	1.31	1.47	1.48	0	1.44
stock yard	1.84	1.42	2.1	3	1.64	3	3	1.44	0

**B. Perhitungan Optimasi**

Setelah didapat data hasil survey, maka langkah berikutnya yaitu melakukan perhitungan traveling distance dan safety index. Proses optimasi dilakukan menggunakan 6 skenario yang berbeda.

Untuk perhitungan Traveling Distance menggunakan rumus

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

Dimana :

n = Jumlah fasilitas total

f<sub>mi</sub> = frekuensi perjalanan dari fasilitas m menuju i

d<sub>mi</sub> = jarak dari fasilitas m menuju i

Untuk perhitungan Safety Index menggunakan rumus

$$\text{Minimize Safety Index (SI)} = \sum_{m,i=1}^n s_{mi} * f_{mi}$$

Di mana :

n = Jumlah fasilitas total pada proyek

s<sub>mi</sub> = Tingkat keamanan dan keselamatan (safety index) antar fasilitas m dan i

f<sub>mi</sub> = Frekuensi perjalanan antar fasilitas m dan i

Berikut merupakan hasil perhitungan Traveling Distance dan Safety Index tersebut.

**Skenario 0 (kondisi awal)**

Pada kondisi awal, letak fasilitas-fasilitas yang ada di proyek seperti ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4.  
Letak Fasilitas Pada Skenario 0

Lokasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fasilitas	office	store	parking	rebar	formwork	genset	toilet	barak	stock yard

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan perhitungan adalah TD = 132926.9 m dan SI = 3349.64

**Skenario 1**

Pada skenario 1, letak fasilitas-fasilitas yang ada di proyek direncanakan seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.  
Letak Fasilitas Pada Skenario 1

Lokasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fasilitas	office	store	parking	formwork	rebar	genset	toilet	barak	stock yard

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan perhitungan adalah TD = 133075.77 m. Hasil ini menunjukkan bahwa TD mengalami kenaikan sebesar 0.112% dari kondisi awal. Sedangkan hasil perhitungan SI = 3340.38 Hasil ini menunjukkan bahwa SI mengalami penurunan sebesar 0.28 % dari kondisi awal.

**Skenario 2**

Pada skenario 2, letak fasilitas-fasilitas yang ada di proyek direncanakan seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 6.  
Letak Fasilitas Pada Skenario 2

Lokasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fasilitas	store	office	parking	rebar	formwork	genset	toilet	barak	stock yard

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan perhitungan adalah TD = 120.397,74 m. Hasil ini menunjukkan bahwa TD mengalami penurunan sebesar 9,43% dari kondisi awal. Sedangkan hasil perhitungan SI = 3.168,38 Hasil ini menunjukkan bahwa SI mengalami penurunan sebesar 5,4% dari kondisi awal.

**Skenario 3**

Pada skenario 3, letak fasilitas-fasilitas yang ada di proyek direncanakan seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 7.  
Letak Fasilitas Pada Skenario 3

Lokasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fasilitas	store	office	parking	formwork	rebar	genset	toilet	barak	stock yard

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan perhitungan adalah TD = 119.985,05 m. Hasil ini menunjukkan bahwa TD mengalami penurunan sebesar 9,74% dari kondisi awal. Sedangkan hasil perhitungan SI = 3180.72 Hasil ini menunjukkan bahwa SI mengalami penurunan sebesar 5,04 % dari kondisi awal.

**Skenario 4**

Pada skenario 4, letak fasilitas-fasilitas yang ada di proyek direncanakan seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 8.  
Letak Fasilitas Pada Skenario 4

Lokasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fasilitas	store	office	parking	rebar	formwork	toilet	genset	barak	stock yard

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan perhitungan adalah  $TD = 120.159,76$  m. Hasil ini menunjukkan bahwa  $TD$  mengalami penurunan sebesar 9,60% dari kondisi awal. Sedangkan hasil perhitungan  $SI = 3.149,84$ . Hasil ini menunjukkan bahwa  $SI$  mengalami penurunan sebesar 5,96% dari kondisi awal.

**Skenario 5**

Pada skenario 5, letak fasilitas-fasilitas yang ada di proyek direncanakan seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 9.  
Letak Fasilitas Pada Skenario 5

Lokasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fasilitas	office	store	parking	formwork	rebar	toilet	genset	barak	stock yard

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan perhitungan adalah  $TD = 133.115,65$  m. Hasil ini menunjukkan bahwa  $TD$  mengalami peningkatan sebesar 0.14% dari kondisi awal. Sedangkan hasil perhitungan  $SI = 3.335,24$ . Hasil ini menunjukkan bahwa  $SI$  mengalami penurunan sebesar 0.4% dari kondisi awal.

**Skenario 6**

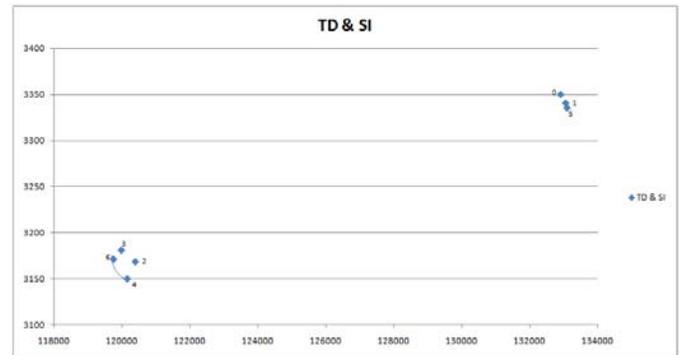
Pada skenario 6, letak fasilitas-fasilitas yang ada di proyek direncanakan seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 10.  
Letak Fasilitas Pada Skenario 6

Lokasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fasilitas	store	office	parking	formwork	rebar	toilet	genset	barak	stock yard

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan perhitungan adalah  $TD = 119.754,93$  m. Hasil ini menunjukkan bahwa  $TD$  mengalami penurunan sebesar 9,91% dari kondisi awal. Sedangkan hasil perhitungan  $SI = 3.171,08$ . Hasil ini menunjukkan bahwa  $SI$  mengalami penurunan sebesar 5,33% dari kondisi awal.

Dari perhitungan 6 skenario traveling distance dan safety index, maka selanjutnya hasil perhitungan tersebut di plot ke dalam sebuah diagram pareto optima. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Diagram Pareto Optima.

Dari gambar diagram tersebut dapat terlihat bahwa hasil skenario 4 dan 6 merupakan hasil perhitungan yang optimal karena memiliki nilai  $TD$  dan  $SI$  yang minimum bila dibanding dengan skenario 0,1,2,3,dan 5. Sedangkan pada skenario 4 & 6 tidak dapat dibandingkan satu sama lain karena memiliki keunggulan masing – masing pada nilai  $TD$  &  $SI$ . Pada skenario 4 memiliki keunggulan nilai  $SI$  yang lebih kecil bila dibandingkan dengan skenario 6, namun skenario 6 memiliki keunggulan nilai  $TD$  yang lebih kecil bila dibandingkan dengan skenario 4.

**IV. KESIMPULAN/RINGKASAN**

Dari hasil perhitungan traveling distance dan safety index pada proyek A tersebut, maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu dari perhitungan *traveling distance* diperoleh bahwa hasil  $TD$  paling minimum yaitu pada skenario ke-6 sebesar 119.754,9 meter atau mengalami penurunan nilai  $TD$  sebesar 9,91% bila dibandingkan dengan kondisi aslinya. Dan dari perhitungan *safety index* diperoleh bahwa hasil  $SI$  paling minimum yaitu pada skenario ke-4 yaitu sebesar 3.149,84 atau mengalami penurunan nilai  $SI$  sebesar 5,96% bila dibandingkan dengan kondisi aslinya. Pada skenario 4 & 6 tidak dapat dibandingkan satu sama lain karena memiliki keunggulan masing – masing pada nilai  $TD$  &  $SI$ . Pada skenario 4 memiliki keunggulan nilai  $SI$  yang lebih kecil bila dibandingkan dengan skenario 6, namun skenario 6 memiliki keunggulan nilai  $TD$  yang lebih kecil bila dibandingkan dengan skenario 4.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Yeh, I-C. (1995). Construction-site layout using annealed neural network. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 9(3) 201-208.
- [2] Hegazy, T., Elbeltagi, E. (1999). Evosite: An evolution-based model for site layout planning, *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*, 13, no.3, p. 198-206.
- [3] Li, H. & Love, P. (1998) . Site-level Facilities Layout Using Genetic Algorithms, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 12 (4) pp. 227-31
- [4] Zouein P., and Tommelein I. (1999). Dynamic layout planning using a hybrid incremental solution method. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(6), pp. 400–408.
- [5] Dwiky Pranarka, *Optimasi (Equal) Site Layout Menggunakan Multi-Objectives Function Pada Proyek A*, belum dipublikasikan.