

**OPTIMASI SITE LAYOUT MENGGUNAKAN *MULTI-OBJECTIVES FUNCTION*
PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU TAHAP III**
POLITEKNIK NEGERI MALANG

Rega Bhaskara Yuliantoro¹, M. Hamzah Hasyim², Kartika Puspa Negara²

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Jawa Timur - Indonesia

E-mail: rega909@gmail.com

ABSTRAK

Setiap proyek konstruksi harus ada fasilitas proyek (*site facilities*) untuk menunjang kinerja pekerja konstruksi. Tata letak fasilitas proyek harus menyesuaikan kebutuhan maupun keadaan/medan di lapangan. Fasilitas proyek (*site facilities*) pada proyek konstruksi berskala besar harus diimbangi dengan fasilitas kerja yang memadai dan efisien sehingga aktifitas pembangunan dapat berjalan lancar, nyaman serta mendukung program keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Sistem manajemen keselamatan kerja sangat penting dalam proyek berskala besar, tingginya intensitas kegiatan yang ada di dalam proyek tersebut mengharuskan penempatan *site facilities* yang efisien, aman dan nyaman untuk pekerja konstruksi.

Pada penelitian ini dilakukan pegoptimasian *site layout* proyek dengan menggunakan analisis *multi-objectives function* yaitu analisis *Traveling Distance* (jarak tempuh) dan analisis *Safety Index* (tingkat keamanan dan keselamatan). Semakin kecil nilai *traveling distance* yang dihasilkan maka semakin dekat perjalanan pekerja untuk berpindah ke fasilitas proyek ke lain dan semakin kecil nilai *safety index* maka tingkat kecelakaan yang dialami pekerja yang melalui zona bahaya juga akan semakin kecil. *Site layout* yang paling optimal diketahui dari beberapa skenario pemindahan fasilitas proyek untuk mendapatkan *site layout* yang efisien.

Dari identifikasi dari 4 skenario yang di analisa maka didapat nilai *traveling distance* paling minimum pada skenario 2 dengan nilai sebesar 59579,271 meter atau mengalami penurunan nilai *traveling distance* sebesar 0,96% dari kondisi eksisting. Untuk perhitungan nilai *safety index* diketahui bahwa nilai *safety index* minimum pada skenario 4 dengan nilai sebesar 809,606 atau mengalami penurunan nilai *safety index* sebesar 0,95% dari kondisi eksisting. Analisa *site layout* optimum dan memenuhi kriteria antara persentase 30% untuk nilai *traveling distance* dan 70% untuk nilai *safety index* adalah *site layout* pada skenario 4 dengan nilai total sebesar 1,041273.

Kata kunci : optimasi, *site layout*, fasilitas proyek, *traveling distance*, *safety index*

I. PENDAHULUAN

Penempatan fasilitas proyek (*site facilities*) yang tepat memiliki peran penting dalam suatu proyek konstruksi karena harus bisa menyesuaikan situasi serta kondisi lokasi lingkungan proyek serta rencana pembangunan. Penentuan letak fasilitas proyek (*site facilities*) memiliki peran yang sangat penting bagi efisiensi waktu pengerjaan proyek. Diperlukan manajemen penempatan fasilitas proyek dalam menentukan *site layout* yang efisien. Sehingga penempatan aktifitas pembangunan berjalan lancar, nyaman serta mendukung program keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

A. Tujuan Perencanaan dan Pengaturan *Site Layout*

Perencanaan *site layout* memiliki tujuan utama yakni mengorganisir area kerja pekerja konstruksi dan fasilitas proyek sehingga dapat meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja akibat kesalahan pengoperasian tower *crane* (TC) dan meminimalkan jarak perjalanan. Beberapa macam keuntungan-keuntungan yang diberikan antara lain:

1. Menaikan *output* pekerjaan
2. Mengurangi waktu tunggu (*delay*)
3. Mengurangi proses pemindahan bahan (*material handling*)
4. Menghemat pemakaian ruang

5. Proses *manufacturing* yang lebih singkat
6. Mengurangi resiko kecelakaan kerja bagi para pekerja konstruksi
7. Mempermudah aktivitas bagi pimpinan proyek.

B. Permasalahan Yang Mempengaruhi Dalam Perencanaan Site Layout

Permasalahan perencanaan yang terjadi akibat kesalahan menentukan tata letak *site layout* proyek konstruksi yang sering ditemukan di lapangan antara lain:

1. Akses dan rute bagi pekerja konstruksi
2. Penyimpanan material
3. Penempatan kantor

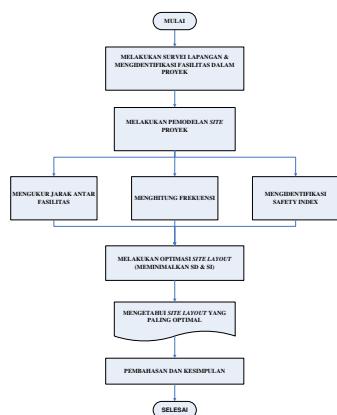
C. Kriteria Site Layout

Dalam melaksanakan proyek konstruksi harus direncanakan dengan baik termasuk semua fasilitas yang berada didalam area proyek sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan meminimalisir kecelakaan kerja bagi pekerja konstruksi. Beberapa pertimbangan dalam menentukan *site layout* yang baik dan efisien antara lain:

1. Keamanan dan keselamatan
2. Akses yang mudah
3. Air minum dan sanitasi

II. METODOLOGI

A. Langkah Penelitian



Gambar 1: Langkah-langkah Penelitian

B. Survei Lokasi

Langkah pertama penelitian yang dilakukan adalah meninjau langsung ke lokasi proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Tahap III Politeknik Negeri Malang dengan tujuan peneliti dapat menggambarkan (*sketch*) posisi *site layout* dan *site facilities*. Kemudian peneliti dapat memindahkan *sketch* berupa gambar awal ke model *AutoCAD* untuk dibandingkan dengan data *site layout* yang di dapat dari pihak kontraktor pelaksana apakah sesuai atau tidak.

C. Identifikasi Site Facilities

Selain menggambarkan (*sketch*) *site layout*, peneliti juga harus menggambarkan posisi atau tata letak *site facilities* yang ada di area proyek konstruksi tersebut.

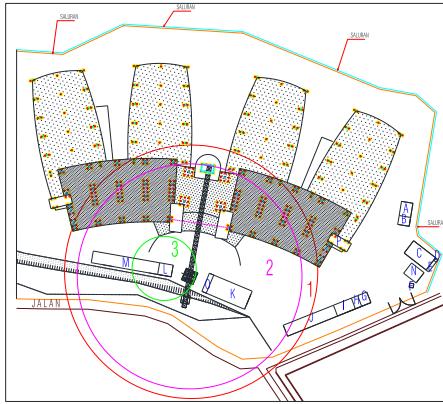
Pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Tahap III Politeknik Negeri Malang terdapat beberapa *site facilities* yang berada di dalam area proyek yaitu ruang konsultan, gardu PLN, kantor/direksi *kit*, toilet, mushola, pos satpam, tempat parkir 1, ruang K3, tempat parkir 2, ARK (gudang peralatan), *stock* besi, fabrikasi besi, genset, gudang material, ruang rapat. Di bawah ini merupakan tabel daftar *site facilities* proyek beserta kode dari setiap fasilitas:

Site Facilities	Fasilitas	Kode
RUANG KONSULTAN	1	A
GARDU PLN	2	B
KANTOR/DIREKSI KIT	3	C
TOILET	4	D
MUSHOLA	5	E
POS SATPAM	6	F
TEMPAT PARKIR 1	7	G
RUANG K3	8	H
TEMPAT PARKIR 2	9	I
ARK	10	J
STOCK BESI	11	K
GENSET	12	L
GUDANG MATERIAL	13	M
RUANG RAPAT	14	N
FABRIKASI BESI	15	O
BUILDING	16	P

Tabel 1 : Daftar Site Facilities Proyek

Setelah mengetahui fasilitas-fasilitas proyek yang ada di dalam proyek maka

dapat diketahui pula *site layout* yang ada di lapangan. Berikut ini merupakan *site layout* dari Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Tahap III Universitas Negeri Malang:



Gambar 2 : Gambar Site Layout Proyek

Penelitian dilanjutkan dengan mengukur jarak antara *site facilities*. Data jarak antar *site facilities*, dibuat kedalam sebuah tabel berikut ini:

Site Facilities	Kode	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
RUANG KONSULTAN	A		7.377	46.416	67.523	64.396	53.521	59.014	62.857	69.280	87.760
GARDU PLN	B	7.377		39.115	60.222	57.095	46.220	51.914	55.891	62.530	81.526
KANTOR/DIREKSI KIT	C	45.016	39.115		22.093	18.915	20.420	20.627	46.696	52.760	74.214
TOILET	D	67.523	60.222	22.093		4.997	41.288	61.069	66.738	74.802	96.356
MUSHOLA	E	64.396	57.095	18.915	4.997		37.226	58.542	63.611	71.675	88.167
POS SATPAM	F	53.521	46.220	20.420	41.288		30.314	35.341	43.307	64.995	
TEMPAT PARKIR 1	G	59.014	51.914	30.627	61.069	58.542		5.215	13.439	35.220	
RUANG K3	H	62.857	55.891	44.696	66.738	63.611	35.341		8.224	30.005	
TEMPAT PARKIR 2	I	69.280	62.530	52.760	74.802	71.675	43.307	33.429		6.224	21.781
ARK	J	87.760	81.526	74.214	96.356	89.167	64.995	52.760	80.005		21.781

Tabel 2 : Contoh hubungan jarak antar fasilitas

Berikutnya setelah mendapatkan hubungan jarak antar fasilitas kemudian menghitung frekuensi perjalanan pekerja yang dilakukan dalam satu hari. Di bawah ini merupakan contoh perhitungan frekuensi pekerja.

Site Facilities	Kode	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
RUANG KONSULTAN	A		0	0	3	0	0	2	0	1	0	2
GARDU PLN	B	0		0	0	0	0	0	0	0	1.300	1.640
KANTOR/DIREKSI KIT	C	0	2		10	10	18	6	12	6	15	
TOILET	D	0	0	14		2	3	1	5	0	5	
MUSHOLA	E	0	0	0	0		1	2	2	0	1	
POS SATPAM	F	0	0	16	6	0		11	8	6	15	
TEMPAT PARKIR 1	G	0	0	8	0	2	17		4	6	7	
RUANG K3	H	2	0	1	5	1	1	7	4		2	14
TEMPAT PARKIR 2	I	0	0	9	1	2	6	2	3		13	
ARK	J	0	0	11	7	5	10	8	7	5		

Tabel 3 : Frekuensi pekerja dalam satu hari

Tingkat bahaya kecelakaan kerja yang dilakukan mengumpulkan data menggunakan wawancara dengan *SHE officer* dan *project manager* dari pihak kontraktor pelaksana. Hasil wawancara didapatkan *range* tingkat bahaya kecelakaan kerja. Selanjutnya tingkat bahaya kecelakaan kerja dibagi ke dalam beberapa zona bahaya. Untuk. Berikut ini merupakan tingkatan bahaya dan nilai *safety index* per-zona yang akan digunakan pada perhitungan *safety index* ditunjukkan pada Tabel 4:

Safety Index	Kriteria Kecelakaan	Kondisi
1	Tidak Bahaya	Berada dalam 1 zona bahaya
2	Cukup Bahaya	Berada dalam 2 zona bahaya
3	Sangat Bahaya	Berada dalam 3 zona bahaya

Tabel 4 : Klasifikasi Tingkat Bahaya Kecelakaan Kerja

Dapat dilihat dari tabel diatas apabila nilai *safety index* yang diperoleh rendah maka resiko terjadinya kecelakaan kerja sangat kecil terjadi. akan rendah dan apabila nilai *safety index* besar maka resiko terjadinya kecelakaan semakin tinggi. Berikut ini merupakan contoh dari angka *safety index* antar *site facilities*:

Site Facilities	Kode	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P		
RUANG KONSULTAN	A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.350	1.259	1.463	0	1.06	0		
GARDU PLN	B	0		0	0	0	0	0	0	0	0	1.300	1.640	1.799	0	1.422	0		
KANTOR/DIREKSI KIT	C	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1.378	1.275	2.058	0	1.434	0		
TOILET	D	0	0	0		0	0	0	0	0	0	1.319	1.577	1.729	0	1.373	0		
MUSHOLA	E	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1.388	1.636	1.775	0	1.400	0		
POS SATPAM	F	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1.308	1.601	1.942	0	1.455	0		
TEMPAT PARKIR 1	G	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1.339	2.000	2.000	0	1.395	0	
RUANG K3	H	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1.588	1.604	2.055	0	1.623	0	
TEMPAT PARKIR 2	I	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	1.628	1.930	2.088	0	1.393	0	
ARK	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1.336	2.000	1.981	0	1.852	0	
STOCK BESI	K	1.350	1	1.378	1.319	1.388	1.308	1.339	1.588	1.628	1.836		2.446	2.587	1.250	2.000	1.556		
GENSET	L	1.259	1.640	1.275	1.577	1.536	1.582	1.340	1.374	1.390	2.099	2.446		2.698	1.638	2.695	1.888		
GUDANG MATERIAL	M	1.463	1.799	2.058	1.728	1.775	1.342	2.006	2.095	2.098	1.381	2.587	2.638		1.795	2.799	1.984		
RUANG RAPAT	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.269	1.638	1.795		1.499	0	
FABRIKASI BESI	O	1.405	1.422	1.434	1.373	1.420	1.355	1.395	1.629	1.399	1.352	2.000	2.695	2.799	1.469		1.545		
BUILDING	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.266	1.608	1.981	0	1.466		

Tabel 5 : Contoh Angka *Safety Index*

Setelah mendapatkan data jarak antar *site facilities*, frekuensi pekerja, dan angka *safety index* kemudian menghitung nilai *Traveling Distance (TD)* dengan menggunakan perumusan (1) dan nilai *Safety Index (SI)* menggunakan perumusan (2). Berikut ini merupakan rumus untuk

mencari nilai *Traveling Distance (TD)* dan *Safety Index (SI)*:

Traveling Distance(TD)

$$\sum_{m,i=1}^n d_{m,i} * f_{m,i} \quad (1)$$

Di mana:

- n = Jumlah fasilitas
- $d_{m,i}$ = Jarak aktual antara fasilitas m dan i
- $F_{m,i}$ = Frekuensi perpindahan antar fasilitas m dan i

Safety Index(SI)

$$\sum_{m,i=1}^n s_{m,i} * f_{m,i} \quad (2)$$

Di mana:

- n = Jumlah fasilitas
- $s_{m,i}$ = Tingkat keamanan dan keselamatan (*safety*) antar fasilitas m dan i
- $F_{m,i}$ = Frekuensi perpindahan antar fasilitas m dan i

Perhitungan (*TD*) dan (*SI*) diperoleh di input kedalam sebuah grafik hubungan, sehingga dapat diketahui *site layout* yang paling optimum. Berikut ini merupakan contoh dari grafik hubungan *TD* dan *SI*:



Gambar 3 : Contoh Grafik antara *TD* dan *SI*

Berdasarkan contoh grafik hubungan antara nilai *TD* dan *SI* diketahui bahwa nilai *Traveling Distance (TD)* dan nilai *Safety Index (SI)* minimum. Pemilihan *site layout* paling optimal dilakukan dengan memprioritaskan *Traveling Distance(TD)* atau nilai *Safety Index (SI)* pada proyek tersebut.

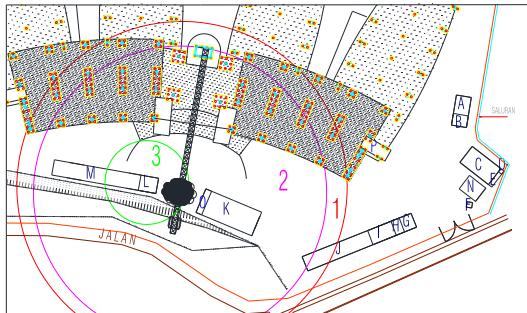
III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Skenario Optimasi *Site Layout*

Dari data yang telah didapat dari PT. Pembangunan Perumahan (PP) dan hasil survei, perhitungan nilai *traveling distance* dan nilai *safety index* dilakukan beberapa skenario sampai mendapatkan nilai *traveling distance* dan nilai *safety index* yang paling minimum.

B. Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting, penempatan *site facilities* sesuai pada saat survei dilakukan, letak setiap *site facilities* yang ada di area proyek tanpa melakukan pemindahan ditunjukkan dalam Gambar 4 dan rincian pemindahan *site facilities* dapat di lihat pada Tabel 6 berikut ini:



Gambar 4 : Site Layout Kondisi Eksisting

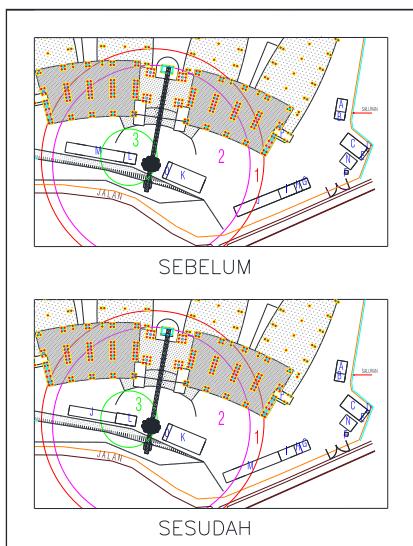
Kode	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Fasilitas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Tabel 6 : Letak Fasilitas Kondisi Eksisting

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *Traveling Distance (TD)* sebesar 61776,197 meter dan nilai *Safety Index (SI)* sebesar 844,853

C. Skenario 1

Pada skenario 1 ini, letak *site facilities* yang ada di area proyek akan direncanakan pemindahan, yang akan ditukar tempat adalah gudang material (M) yang selanjutnya di *switch* dengan ARK (J) ditunjukkan dalam Gambar 5 rincian pemindahan *site facilities* dapat di lihat pada Tabel 7 berikut ini:



Gambar 5 : Site Layout Skenario 1

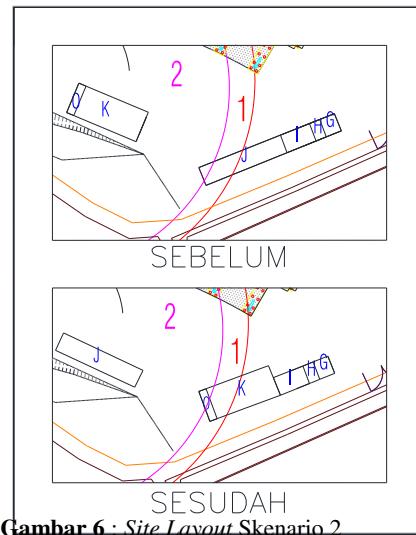
Fasilitas	Simbol Huruf	Fasilitas	Simbol Huruf
Gudang Material	M	dengan	ARK

Tabel 7 : Pemindahan Fasilitas Skenario 1

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *Traveling Distance (TD)* sebesar 69848,091 meter dan nilai *Safety Index (SI)* sebesar 1065,508

D. Skenario 2

Pada skenario 2 ini, letak *site facilities* yang ada di area proyek akan direncanakan pemindahan, yang akan ditukar tempat adalah fabrikasi besi (O) dan *stock* besi (K) yang selanjutnya di *switch* dengan ARK (J) ditunjukkan dalam Gambar 6 rincian pemindahan *site facilities* dapat di lihat pada Tabel 8 berikut ini:



Gambar 6 : Site Layout Skenario 2

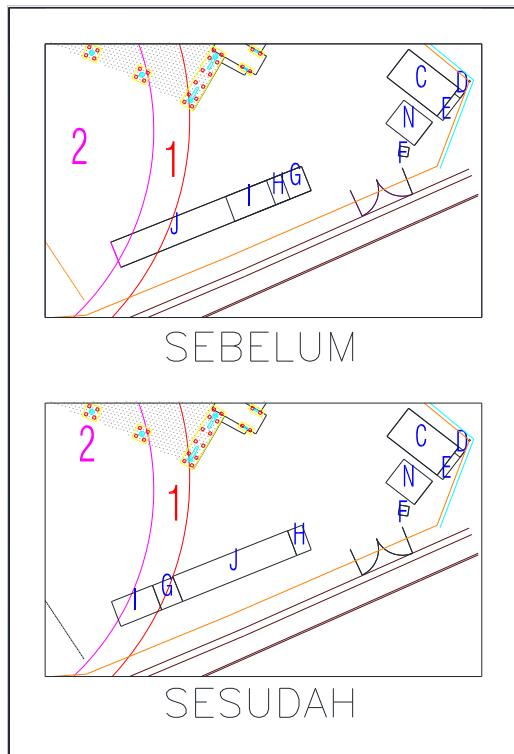
No	Fasilitas	Simbol Huruf	Fasilitas	Simbol Huruf
1	Fabrikasi Besi	O	dengan	ARK
2	Stock Besi	K		J

Tabel 8 : Pemindahan Fasilitas Skenario 2

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *Traveling Distance (TD)* sebesar 59579,271 meter dan nilai *Safety Index (SI)* sebesar 924,742

E. Skenario 3

Pada skenario 3 ini, letak *site facilities* yang ada di area proyek akan direncanakan pemindahan, yang akan ditukar tempat adalah tempat parkir 1 (G) dan tempat parkir 2 (I) akan dijadikan satu kemudian yang selanjutnya di *switch* dengan ARK (J) ditunjukkan dalam Gambar 7 rincian pemindahan *site facilities* dapat di lihat pada Tabel 9 berikut ini:



Gambar 7 : Site Layout Skenario 3

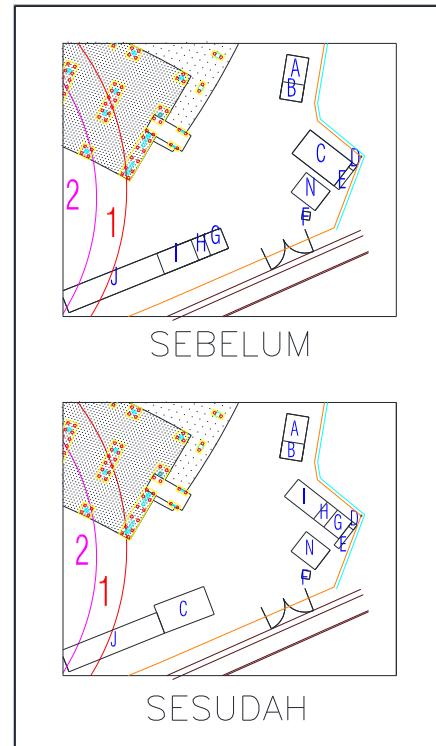
Fasilitas	Simbol Huruf	Fasilitas	Simbol Huruf
Ruang K3	H	dengan	Tempat Parkir 1
ARK	J	dengan	Ruang K3
Tempat Parkir 1	G	dengan	ARK
Tempat Parkir 2	I		

Tabel 9 : Pemindahan Fasilitas Skenario 3

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *Traveling Distance (TD)* sebesar 63803,095 meter dan nilai *Safety Index (SI)* sebesar 1006,029

F. Skenario 4

Pada skenario 4 ini, letak *site facilities* yang ada di area proyek akan direncanakan pemindahan, yang akan ditukar tempat adalah kantor/direksi *kit* (C) di *switch* dengan tempat parkir 2 (I), ruang k3 (H), tempat parkir 1 (G) ditunjukkan dalam Gambar 8 rincian pemindahan *site facilities* dapat di lihat pada Tabel 10 berikut ini:



Gambar 8 : Site Layout Skenario 4

Fasilitas	Simbol Huruf	Fasilitas	Simbol Huruf
Kantor/Direksi <i>Kit</i>	C	Tempat Parkir 2	I
		Ruang K3	H
		Tempat Parkir 1	G

Tabel 10 : Pemindahan Fasilitas Skenario 4

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *Traveling Distance (TD)* sebesar 67775,961 meter dan nilai *Safety Index (SI)* sebesar 809,606

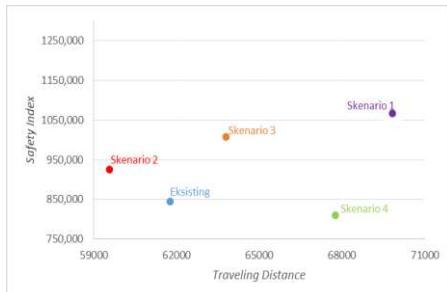
G. Identifikasi Site Layout Menggunakan Diagram Pareto

Dari data nilai (*TD*) dan (*SI*) setiap skenario di input ke dalam diagram pareto untuk mendapatkan *site layout* yang optimal. Di bawah ini adalah tabel dan gambar perbandingan nilai *TD* dan *SI* yang akan di plot ke dalam diagram pareto:

Skenario	<i>Traveling Distance (TD)</i>		<i>Safety Index (SI)</i>	
	Nilai Total	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	61776,197	0	844,853	0
1	69848,091	1,13%	1065,508	1,26%
2	59579,271	-0,96%	924,742	1,09%
3	63803,095	1,03%	1006,029	1,19%
4	67775,961	1,09%	809,606	-0,95%

Tabel 11 : Rekapitulasi Perbandingan *TD* dan *SI*

Hasil rekapitulasi perbandingan nilai (*TD*) dan nilai (*SI*) dibuat sebuah diagram pareto optima. Grafik hubungan *TD* dan *SI* dapat di lihat pada Gambar 9 berikut ini:



Gambar 9 :Hubungan Nilai *TD* dan Nilai *SI*

Dari gambar diagram diatas, terlihat bahwa skenario 2 dan skenario 4 mempunyai nilai yang paling minimum dari nilai *traveling distance* dan nilai *safety index* diandingkan dengan skenario 1, 3, maupun kondisi eksisting. Pada skenario 2 nilai yang paling minimum dihasilkan dari perhitungan nilai *TD* yaitu sebesar 59579,271 dan untuk nilai *SI* paling minimum dihasilkan pada skenario 4 yaitu sebesar 809,606. Semakin kecil nilai *traveling distance* yang dihasilkan maka semakin dekat perjalanan pekerja untuk berpindah ke fasilitas proyek ke lain dan semakin kecil nilai *safety index* maka

tingkat kecelakaan yang dialami pekerja yang melalui zona bahaya juga akan semakin kecil. Sehingga pemilihan skenario yang paling optimal tidak dapat dibandingkan antara skenario 2 dan skenario 4 karena kedua skenario tersebut mempunyai keunggulan pada nilai *traveling distance* dan nilai *safety index*. Pada skenario 2 memiliki keunggulan nilai *traveling distance* dari kondisi eksisting, sedangkan skenario 4 memiliki keunggulan nilai *safety index* dari kondisi eksisting.

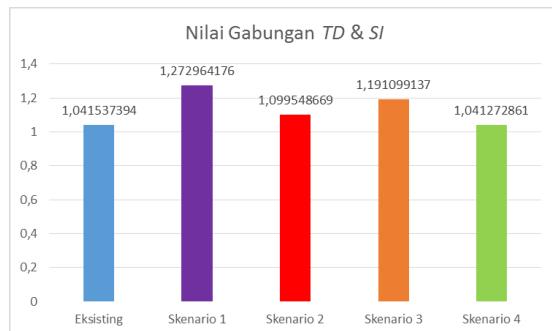
H. Pemilihan Site Layout Optimal

Penentuan pemilihan *site layout* efisien dipilih dari nilai minimum yang dibandingkan dengan kondisi eksisting proyek. Di bawah ini merupakan tabel nilai *TD* dan nilai *SI* yang disetarakan satuannya dari hasil perhitungan peneliti.

Skenario	Eksisting	1	2	3	4
<i>TD</i>	1,036874	1,172356	1	1,070894	1,137576
<i>SI</i>	1,043536	1,316082	1,142212	1,242616	1
<i>TD x 30%</i>	0,3110622	0,351707	0,3	0,321268	0,341273
<i>SI x 70%</i>	0,7304752	0,921258	0,799549	0,869831	0,7
Total	1,0415374	1,272964	1,099549	1,191099	1,041273
Nilai yang memenuhi kriteria <i>TD</i> 30% dan <i>SI</i> 70% =	1,041273				

Tabel 12 : Pemilihan Kriteria Site Layout Optimal

Kriteria site layout dari gabungan niali *TD* dan *SI* dibuat ke dalam diagram batang untuk menunjukan bahwa scenario 4 merupakan scenario paling optimal dengan nilai gabungan sebesar 1,041273 dapat di lihat pada Gambar 10 berikut ini:



Gambar 10 : Nilai Gabungan *TD & SI*

IV. KESIMPULAN

Dari analisis pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Tahap III Politeknik Negeri Malang kesimpulan yang di dapat dari hasil penelitian adalah:

1. Nilai *Traveling Distance (TD)* yang paling minimum terdapat pada skenario 2 dengan nilai *TD* sebesar 59579,271 dan mengalami penurunan sebesar 0,96% dari kondisi eksisting.
2. Nilai *Safety Index (SI)* yang paling minimum terdapat pada skenario 4 dengan nilai sebesar 809,606 dan penurunan sebesar 0,95%.dari kondisi eksisting
3. *Site layout* yang memenuhi kriteria paling optimal dipilih skenario 4 yang dengan nilai total 1,041273.

DAFTAR PUSTAKA

Effendi, D.T. (2012). Optimasi (*Unequal*) *Site Layout* Menggunakan *Multi-Objectives Function* Pada Proyek Pembangunan Apartemen Puncak Kertajaya Surabaya. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Heng Li, Peter E. D. Love, I-C. (2000). *Genetic Search For Solving Construction Site-Level Unequal-Area Facility Layout Problems. Automation in Construction*, 9(3) 207-215.

Kadariah. (2001). Evaluasi Proyek Analisis Ekonomi. Lembaga

Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.

Nugraha, Paulus., Natan, Ishak. & Sutjipto., R. 1985. *Manajemen Proyek Konstruksi 1*, Surabaya: Penerbit Kartika Yudha.

Pradana, Eko. (2014). Analisis Tata Letak Fasilitas Proyek Menggunakan *Activity Relationship Chart* dan *Multi-Objectives Function* Pada Proyek Pembangunan Apartemen De Papilio Surabaya. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pranarka, Dwiky. (2012). Optimasi (*Equal*) *Site Layout* Menggunakan *Multi-Objectives Function* Pada Proyek A. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Vincent C, Kemper L, Yayoi M. (2005). “*Handling Multiple Objectives in Decentralized Design*”. ASME 2005 *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Long Beach, California, USA, September 24–28, 2005.

Yeh, I-C. (1995). *Construction-site layout using annealed neural network*. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 9(3) 201-208.