

Analisis Tata Letak Fasilitas Proyek Menggunakan Activity Relationship Chart dan Multi-Objectives Function pada Proyek Pembangunan Apartemen De Papilio Surabaya

Eko Pradana, Cahyono Bintang Nurcahyo

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail : cbintangn@yahoo.com

Abstrak - Setiap proyek konstruksi selalu menggunakan *site facility* untuk menunjang kinerja dalam proyek. *Site facility* merupakan fasilitas penunjang yang selalu ada dalam setiap proyek dan memiliki fungsi yang berbeda untuk masing-masing fasilitas tersebut. Perencanaan tata letak *site facilities* yang baik dapat meningkatkan produktivitas kerja di lapangan. Dalam menentukan tata letak *site facilities*, digunakan variabel fungsi objektif *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI). Letak *site facilities* yang optimal dapat dicari dengan meminimalkan jarak antar fasilitas (TD) dan juga meminimalkan resiko kecelakaan (SI). *Activity Relationship Chart* (ARC) merupakan gambaran hubungan kedekatan antar fasilitas yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pemindahan tata letak. Pemindahan tata letak dilakukan sebanyak lima skenario, dengan masing-masing skenario dicari nilai TD dan SI nya serta menggunakan ARC sebagai alasan dilakukannya pemindahan. Dari kelima skenario, didapatkan hasil nilai *traveling distance* paling minimum terletak pada skenario 0 (kondisi eksisting) sebesar 5210,4 meter dan nilai *safety index* paling minimum terletak pada skenario 1 sebesar 1315 atau mengalami penurunan sebesar 11,51 % dari kondisi eksisting.

Kata kunci - *Activity Relationship Chart* (ARC), *Analisis Site Layout*, *Multi-Objectives Function*, *Safety Index*, *Traveling Distance*.

I. PENDAHULUAN

SITE layout sangat dibutuhkan dalam perencanaan pengerjaan proyek konstruksi, terutama untuk proyek-proyek yang bernilai besar. *Site layout* memuat informasi tentang luas lahan, perencanaan mobilisasi alat dan kendaraan proyek serta perencanaan tata letak *site facilities*. *Site layout* yang optimal dapat mempermudah pelaksanaan pengerjaan proyek dan meningkatkan produktivitas kerja di lapangan.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan *site layout* yang optimal, adalah mengatur tata letak *site facility*. *Site facility* merupakan fasilitas penunjang yang selalu ada dalam setiap proyek dan memiliki fungsi yang berbeda untuk masing-masing fasilitas tersebut. Contohnya seperti *site office*, gudang, *formwork area*, *crane*, genset dan lain sebagainya. *Site facilities* ini memiliki luas lahan serta jarak antar *site facilities* yang disesuaikan dengan kebutuhan proyek di lapangan. Apabila jarak antar *site facilities* terlalu jauh, maka waktu perjalanan

yang dibutuhkan juga semakin banyak sehingga menurunkan produktivitas kerja.

Dalam menentukan jarak antar fasilitas, perlu diketahui juga frekuensi perjalanan pekerja diantara fasilitas-fasilitas tersebut. Perhitungan ini disebut sebagai *traveling distance*. Dengan meminimalkan nilai *traveling distance*, maka akan didapatkan tingkat produktivitas kerja yang lebih tinggi.

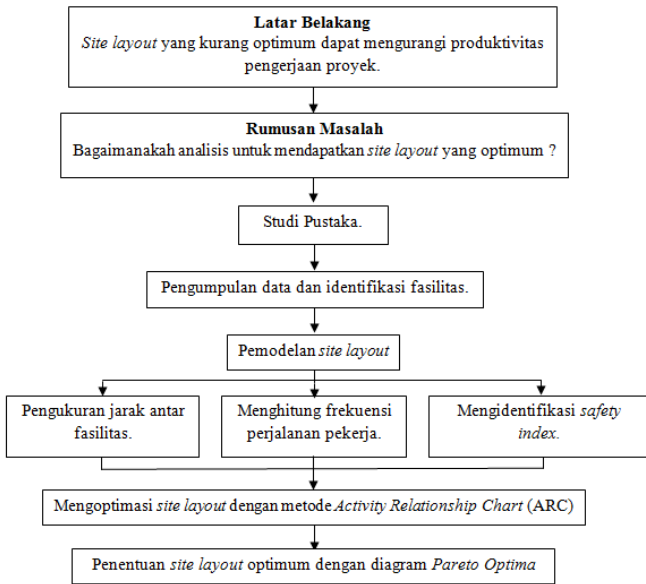
Hal lain yang perlu diperhatikan dalam merencanakan tata letak *site facility* adalah keamanan dan keselamatan para pekerja proyek. Penempatan *crane* yang kurang tepat, dapat membahayakan keselamatan para pekerja yang lewat dibawah area *crane*. Untuk itu diperlukan perhitungan nilai keamanan (*safety index*) untuk tiap-tiap *site facilities*. Semakin tinggi nilai *safety index*, maka tingkat keamanannya semakin rendah sehingga produktivitas pun menurun.

Pada proses pengaturan *site layout* sendiri, terdapat dua kondisi penempatan di lapangan yaitu *unequal site layout* dan *equal site layout*. *Unequal site layout* yaitu kondisi dimana jumlah lahan yang tersedia, lebih banyak daripada jumlah *site facility* yang ada di proyek. Sedangkan *equal site layout* adalah kondisi saat jumlah lahan yang tersedia sama dengan jumlah *site facility* yang ada di proyek.

Salah satu proyek di Surabaya yang menggunakan *equal site layout*, adalah proyek pembangunan Apartemen De Papilio yang dikerjakan oleh PT. Wika Realty. Namun belum diketahui, bagaimana bentuk *site layout* yang paling optimum pada proyek ini. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis penempatan *site facility* yang paling ideal dalam penentuan *site layout* yang optimum. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pengerjaan proyek di lapangan sehingga dapat menghemat biaya dan waktu pengerjaan proyek.

II. METODOLOGI

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini, konsep awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi fasilitas tetap (*fixed facility*) dan fasilitas sementara (*temporary facility*) agar dapat ditentukan skenario pemindahan fasilitasnya. Untuk itu, diperlukan tahapan dan beberapa analisa sehingga nantinya dapat menarik kesimpulan yang bisa menghasilkan sebuah tata letak *site facilities* yang optimal [2]. Adapun tahapan konsep perencanaan adalah sebagai berikut :



Gambar. 1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengumpulan Data dan Identifikasi Fasilitas

Fasilitas-fasilitas yang ada pada proyek diidentifikasi, untuk dicari *temporary facility* yang akan digunakan pada skenario pemindahan [2]. Fasilitas yang termasuk dalam *temporary facility* adalah fasilitas yang memiliki hubungan secara langsung dengan aktivitas fisik pengerjaan proyek di lapangan. Adapun *temporary facilities* tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1. List fasilitas sementara (*temporary facility*)

No.	Fasilitas	Keterangan	Luas (m ²)
1	Pabrikasi tulangan	Area pengerjaan untuk merakit besi yang telah dipotong.	36.5
2	Stock tulangan	Tempat penimbunan besi tulangan yang telah dirakit.	26.23
3	Pabrikasi besi	Area pengerjaan besi dengan <i>Bar bending</i> dan <i>Bar cutter</i> .	23.4
4	Stock besi	Tempat penimbunan besi tulangan yang belum maupun sudah dikerjakan dengan <i>Bar bending</i> dan <i>Bar cutter</i> .	45.4
5	Stock pasir dan batu agregat	Tempat penimbunan pasir dan batu agregat.	20.36
6	Pabrikasi bekisting	Area produksi bekisting yang akan digunakan pada proyek.	66
7	Stock kayu, rangka bekisting dan scaffolding	Tempat penimbunan kayu, rangka bekisting yang telah diproduksi maupun tidak digunakan dan juga scaffolding.	126.2
8	Loading / Unloading 1	Area untuk menurunkan bahan dan material dari kendaraan angkut yang terletak di sebelah utara.	28.1
9	Loading / Unloading 2	Area untuk menurunkan bahan dan material dari kendaraan angkut yang terletak di sebelah selatan.	42.2
10	Pabrikasi precast 1	Area pengerjaan precast pertama.	64.5
11	Pabrikasi precast 2	Area pengerjaan precast kedua.	66.1
12	Stock precast 1	Tempat penimbunan precast slab dan dinding.	128.1
13	Stock precast 2	Tempat penimbunan precast kolom dan dinding.	119.2

Setelah itu, dilakukan pengukuran jarak antar tiap fasilitas. Jarak yang diukur adalah jarak terdekat yang dapat dilewati oleh pekerja. Hasil dari pengukuran tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Jarak antar fasilitas (meter)

FASILITAS	Pabrikasi Tulangan	Stock Tulangan	Pabrikasi Besi	Stock Besi	Stock Pasir dan Batu Agregat	Pabrikasi Bekisting	Stock Kayu, Rangka Bekisting dan Scaffolding	Loading / Unloading 1	Loading / Unloading 2	Pabrikasi Precast 1	Pabrikasi Precast 2	Stock Precast 1	Stock Precast 2
Pabrikasi Tulangan	0	1	23.1	10.1	28.8	15.8	4.7	37.5	4.5	14.9	48.9	6.4	61.4
Stock Tulangan	1	0	28.4	9.2	28.5	21	3.2	37.3	3.2	10.1	35.9	3.1	62.6
Pabrikasi Besi	23.1	28.4	0	0.9	50.8	37.8	31.8	59.5	13.2	46.1	56.4	27.5	83.4
Stock Besi	10.1	9.2	0.9	0	37.8	24.8	18.8	46.5	7.2	33.1	46.9	14.3	70.4
Stock Pasir dan Batu Agregat	28.8	28.5	50.8	37.8	0	2.6	0.8	4.8	43.2	6.7	38.3	32.9	34.5
Pabrikasi Bekisting	15.8	21	37.8	24.8	2.6	0	2.7	12.6	30.2	13.3	42.1	36.7	27.5
Stock Kayu, Rangka Bekisting dan Scaffolding	4.7	3.2	31.8	18.8	0.8	2.7	0	3.1	25.3	0.7	30.9	0.8	39.8
Loading / Unloading 1	37.5	37.3	59.5	46.5	4.8	12.6	3.1	0	46.8	1.2	24.3	16.7	39
Loading / Unloading 2	4.5	3.2	13.2	7.2	43.2	30.2	25.3	46.8	0	33.5	31.6	2.9	75.8
Pabrikasi Precast 1	14.9	10.1	46.1	33.1	6.7	13.3	0.7	1.2	33.5	0	14.1	1.1	44.8
Pabrikasi Precast 2	48.9	35.9	56.4	46.9	38.3	42.1	30.9	24.3	31.6	14.1	0	12.7	71
Stock Precast 1	6.4	3.1	27.5	14.3	32.9	36.7	0.8	16.7	2.9	1.1	12.7	0	65.6
Stock Precast 2	61.4	62.6	83.4	70.4	34.5	27.5	39.8	39	75.8	44.8	71	65.6	0

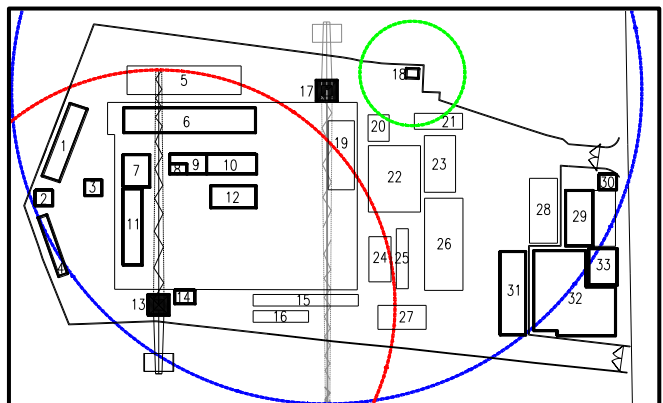
Kemudian dari hasil pengumpulan data, didapatkan pula frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas-fasilitas tersebut. Frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas diperoleh dari pengamatan secara langsung di lokasi proyek dan juga wawancara dengan pihak kontraktor [3]. Frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Frekuensi perjalanan pekerja (kali per hari)

FASILITAS	TUJUAN												
	Pabrikasi Tulangan	Stock Tulangan	Pabrikasi Besi	Stock Besi	Stock Pasir dan Batu Agregat	Pabrikasi Bekisting	Stock Kayu, Rangka Bekisting dan Scaffolding	Loading / Unloading 1	Loading / Unloading 2	Pabrikasi Precast 1	Pabrikasi Precast 2	Stock Precast 1	Stock Precast 2
Pabrikasi Tulangan	0	30	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stock Tulangan	30	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0
Pabrikasi Besi	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stock Besi	45	0	80	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
Stock Pasir dan Batu Agregat	0	0	0	0	0	0	0	12	0	16	16	0	0
Pabrikasi Bekisting	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0
Stock Kayu, Rangka Bekisting dan Scaffolding	0	0	0	0	0	35	0	0	5	9	9	0	0
Loading / Unloading 1	0	0	0	0	12	0	0	0	0	3	3	0	0
Loading / Unloading 2	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Pabrikasi Precast 1	0	13	0	0	16	0	9	3	0	0	0	4	0
Pabrikasi Precast 2	0	13	0	0	16	0	9	3	0	0	0	4	0
Stock Precast 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0
Stock Precast 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jarak antar fasilitas dan frekuensi perjalanan pekerja merupakan data utama yang akan digunakan dalam mencari nilai *Traveling Distance (TD)* dan *Safety Index (SI)* untuk menentukan tata letak fasilitas yang optimum.

B. Identifikasi Safety Index



Gambar. 2. Pembagian zona kecelakaan kerja

Safety Index ditentukan dengan mengidentifikasi beberapa data terlebih dahulu. Data-data tersebut adalah pembagian zona kecelakaan kerja dan klasifikasi tingkat bahaya kecelakaan [2]. Pembagian zona kecelakaan kerja dapat dilihat pada gambar 3.1. Lingkaran merah pada gambar berarti radius lengan crane JIB 50 m, lingkaran biru

adalah radius lengan crane JIB 60 m dan lingkaran hijau adalah radius gardu listrik.

Dari gambar tersebut, kemudan ditentukan klasifikasi tingkat bahaya kecelakaannya yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Klasifikasi tingkat bahaya kecelakaan

Nilai Safety	Kriteria Kecelakaan
1	Masuk dalam radius lengan crane JIB 50 m saja. (Melewati zona berwarna merah saja)
2	Masuk dalam radius lengan crane JIB 60 m saja. (Melewati zona berwarna biru saja)
3	Masuk dalam radius lengan crane JIB 50 m dan JIB 60 m atau lengan crane JIB 60 m dan gardu listrik. (Melewati perpotongan zona merah-biru atau perpotongan zona biru-hijau)

Nilai safety pada tabel diatas menunjukkan jika semakin besar nilainya, maka semakin besar pula kemungkinan resiko kecelakaan kerjanya [2].

Kemudian, mencari nilai safety index menggunakan proporsi jarak. Hal ini dilakukan, karena seorang pekerja memiliki kemungkinan untuk melewati lebih dari satu zona di lapangan. Contoh perhitungan safety index menggunakan proporsi jarak, adalah sebagai berikut [2]:

Tabel 5. Contoh perhitungan safety index menggunakan proporsi jarak

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Merah		Zona Biru		Zona Merah-Biru atau Biru-Hijau		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
Pabrikasi Tulangan	Stock Tulangan	1	1	0	2	1	3	0	2
	Pabrikasi Besi	23.1	1	0	2	0	3	23.1	3
	Stock Besi	10.1	1	0	2	0	3	10.1	3
	Stock Pasir dan Batu Agregat	28.8	1	0	2	14.2	3	14.6	2.51
	Pabrikasi Bekisting	15.8	1	0	2	0	3	15.8	3
	Stock Kayu, Rangka Bekisting dan Scaffolding	4.7	1	0	2	0	3	4.7	3
	Loading / Unloading 1	37.5	1	0	2	22.9	3	14.6	2.39
	Loading / Unloading 2	4.5	1	0	2	0	3	4.5	3
	Pabrikasi Precast 1	14.9	1	0	2	14.9	3	0	2
	Pabrikasi Precast 2	48.9	1	0	2	43.3	3	5.6	2.11
	Stock Precast 1	6.4	1	0	2	6.4	3	0	2
	Stock Precast 2	61.4	1	0	2	13.2	3	48.2	2.79

Nilai safety index pada tabel diatas didapatkan dari:

$$\left(\frac{Tot. Perj. Zona Merah}{Jarak Real} \times N. safety\right) + \left(\frac{Tot. Perj. Zona Biru}{Jarak Real} \times N. safety\right) + \left(\frac{Tot. Perj. Zona Hijau}{Jarak Real} \times N. safety\right)$$

Kemudian, nilai pada kolom safety index untuk tabel diatas, diplotkan kedalam tabel berikut:

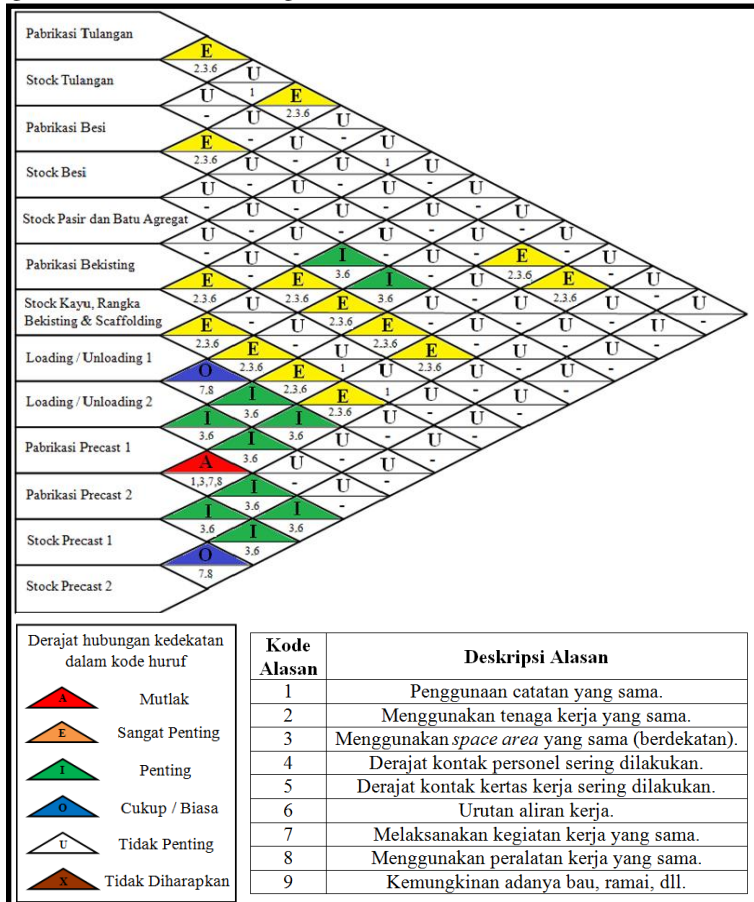
Tabel 6. Safety index antar fasilitas

FASILITAS	Pabrikasi Tulangan	Stock Tulangan	Pabrikasi Besi	Stock Besi	Stock Pasir dan Batu Agregat	Pabrikasi Bekisting	Stock Kayu, Rangka Bekisting dan Scaffolding	Loading / Unloading 1	Loading / Unloading 2	Pabrikasi Precast 1	Pabrikasi Precast 2	Stock Precast 1	Stock Precast 2
Pabrikasi Tulangan	0	2	3	3	2.51	3	3	2.39	3	2	2.11	2	2.79
Stock Tulangan	2	0	2.96	2.75	2.33	2.94	2	2.25	2	2	2	2	2.77
Pabrikasi Besi	3	2.96	0	3	2.72	3	3	2.62	3	2.7	2.29	2.73	2.84
Stock Besi	3	2.75	3	0	2.62	3	3	2.51	3	2.58	2.15	2.48	2.81
Stock Pasir dan Batu Agregat	2.51	2.33	2.72	2.62	0	2	2	2.67	2	2.25	2.29	2.25	2.25
Pabrikasi Bekisting	3	2.94	3	3	2	0	2	2	3	2	2	2	2.36
Stock Kayu, Rangka Bekisting dan Scaffolding	3	2	3	3	2	2	0	2	3	2	2	2	2.22
Loading / Unloading 1	2.39	2.25	2.62	2.51	2	2	2	0	2	2	2	2	2.42
Loading / Unloading 2	3	2	3	3	2.67	3	3	2	0	2	2	2	2.83
Pabrikasi Precast 1	2	2	2.7	2.58	2	2	2	2	2	0	2	2	2.44
Pabrikasi Precast 2	2.11	2	2.29	2.15	2.25	2	2	2	2	2	0	2	2.29
Stock Precast 1	2	2	2.73	2.48	2.29	2	2	2	2	2	2	0	2.32
Stock Precast 2	2.79	2.77	2.84	2.81	2.25	2.36	2.22	2.42	2.83	2.44	2.29	2.32	0

Safety Index pada tabel 3.6 adalah data utama yang akan digunakan dalam perhitungan TD dan SI.

C. Identifikasi Activity Relationship Chart (ARC)

Activity Relationship Chart (ARC), didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak kontraktor proyek. Adapun gambar ARC adalah sebagai berikut:



Gambar. 3. Activity Relationship Chart (ARC)

Hubungan kedekatan antar fasilitas, dilambangkan dalam kode huruf dan warna. Masing-masing kode huruf dan warna ini, memiliki tingkat prioritas hubungan kedekatan yang bervariasi dari mutlak hingga tidak diharapkan [4]. Pemberian kode huruf dan warna untuk tiap hubungan fasilitas-fasilitas diatas, memiliki alasannya masing-masing yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Hubungan kedekatan antar fasilitas

No.	Kode Alasan	Kode Warna	Hubungan Kedekatan	Keterangan
1	1,3,7,8	A	Mutlak Perlu	Contohnya pada pabrikasi precast 1 dan pabrikasi precast 2. Jarak antara fasilitas ini adalah mutlak harus saling berdekatan (≤ 3m). Hal ini dikarenakan kedua fasilitas memiliki hubungan yang sangat erat baik dalam penggunaan space area, kegiatan kerja dan peralatan kerja yang sama. Apabila jarak antara kedua fasilitas ini jauh, maka akan mengganggu banyak pekerjaan lainnya dan mengurangi produktivitas kerja. Sebagai contoh, mobilitas truk ready mix akan terganggu karena jarak yang jauh antara dua pabrikasi precast tersebut dan juga penggunaan tower crane yang tidak efektif untuk mengangkat hasil precast.

Lanjutan Tabel 7.

No.	Kode Alasan	Kode Warna	Hubungan Kedekatan	Keterangan
2	2,3,6	E	Sangat Penting	Contohnya pada Pabrikasi Besi (<i>bar bending</i> dan <i>bar cutter</i>) dan <i>stock</i> besi. Hubungan kedua fasilitas ini menjadi sangat penting, dikarenakan adanya urutan aliran kerja secara langsung diantara kedua fasilitas tersebut. Frekuensi pergerakan pekerja diantara fasilitas-fasilitas yang memiliki kode alasan tersebut sangatlah tinggi karena penggunaan tenaga kerja yang sama. Oleh karena itu, apabila jarak antara kedua fasilitas ini jauh (> 3m) maka efisiensi pekerjaan akan menurun.
3	3,6	I	Penting	Contohnya pada fasilitas pabrikasi <i>precast</i> dan <i>stock precast</i> . Kedua fasilitas ini tidak menggunakan tenaga kerja yang sama, namun masih menggunakan <i>space</i> area yang berdekatan (1m - 2m) dan memiliki urutan aliran kerja secara langsung, sehingga hubungan antara kedua fasilitas ini adalah penting.
4	7,8	O	Biasa	Hubungan jarak antara fasilitas <i>Loading / Unloading 1</i> dengan <i>Loading / Unloading 2</i> termasuk dalam kategori biasa, yang artinya tidak disarankan terlalu jauh, tetapi juga tidak perlu terlalu dekat (dalam <i>space</i> area yang sama atau ± 30 m). Kedua fasilitas tidak memiliki hubungan antara penggunaan tenaga kerja yang sama dan <i>space</i> area yang saling berdekatan, tetapi kedua fasilitas ini masih melaksanakan kegiatan kerja yang sama dan menggunakan peralatan kerja yang serupa.
5	1 dan -	U	Tidak Perlu	Fasilitas-fasilitas yang termasuk dalam kategori ini, tidak memiliki alasan yang kuat untuk saling berdekatan. Contohnya yaitu pada Pabrikasi tulangan (tempat perakitan tulangan) dan Pabrikasi bekisting yang memiliki hubungan hanya pada kesamaan catatan (gambar kerja) yang digunakan. Jarak antara kedua fasilitas ini sangatlah fleksibel, tidak terikat satu sama lain dan dapat ditempatkan saling berjauhan ataupun berdekatan.
6	Tidak ada	X	Tidak diharapkan	Contoh fasilitas yang termasuk kategori ini adalah antara <i>site office</i> dan <i>waste area</i> (area yang digunakan untuk menampung sampah, limbah, sisa bahan dan material yang tidak dapat dipakai lagi). Penempatan kedua fasilitas ini diharuskan untuk saling berjauhan (> 40m) agar tidak mengganggu kinerja <i>site office</i> . Perhitungan ini tidak menyertakan <i>site office</i> , karena termasuk dalam kategori <i>fixed facility</i> (tabel 4.1).

Hubungan kedekatan fasilitas pada *Activity Relationship Chart* (ARC), merupakan hubungan seberapa jauh atau dekat sebuah fasilitas dengan fasilitas lainnya. Nantinya, hubungan kedekatan antar fasilitas ini akan digunakan sebagai pertimbangan pemindahan fasilitas.

D. Identifikasi Skenario Pemindahan Fasilitas

Terdapat lima skenario pemindahan fasilitas. Tiap-tiap skenario akan dicari nilai TD dan SI nya. Rumus untuk mencari nilai *Traveling Distance* (TD) [1] adalah:

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

Dimana:

- TD = hubungan antara jarak dan frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas (meter).
- n = jumlah fasilitas total.
- d_{mi} = jarak dari fasilitas m menuju ke i (meter).
- f_{mi} = frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas m dan i (kali per hari).

Sedangkan rumus untuk mencari nilai *Safety Index* (SI) [3] adalah:

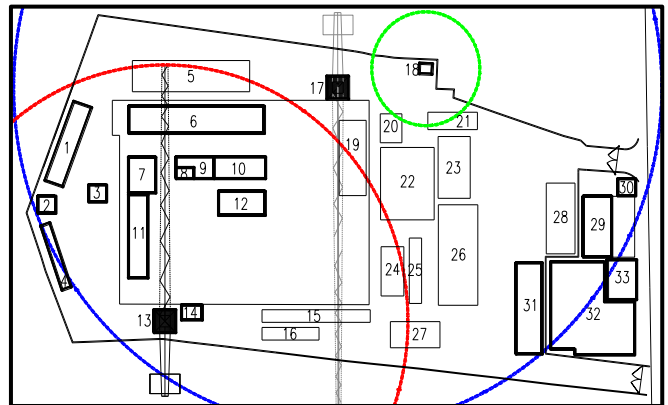
$$Safety\ Index(SI) = \sum_{m,i=1}^n S_{mi} \times f_{mi} \quad (2)$$

Dimana:

- SI = hubungan antara tingkat keamanan dan keselamatan dengan frekuensi perjalanan pekerja.
- n = jumlah fasilitas total.
- S_{mi} = tingkat keamanan dan keselamatan antara fasilitas m dan i.
- f_{mi} = frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas m dan i (kali per hari).

1. Identifikasi Skenario 0 (Kondisi Eksisting)

Pada kondisi eksisting, belum dilakukan pemindahan fasilitas. Gambar *site layout* untuk kondisi eksisting adalah sebagai berikut:



Gambar. 4. Eksisting *site layout* (skenario 0)

Hasil perhitungan *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8. Nilai TD dan SI skenario 0 (eksisting)

Skenario	Traveling Distance		Safety Index	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	5210.4	0	1486.1	0

2. Identifikasi Skenario 1

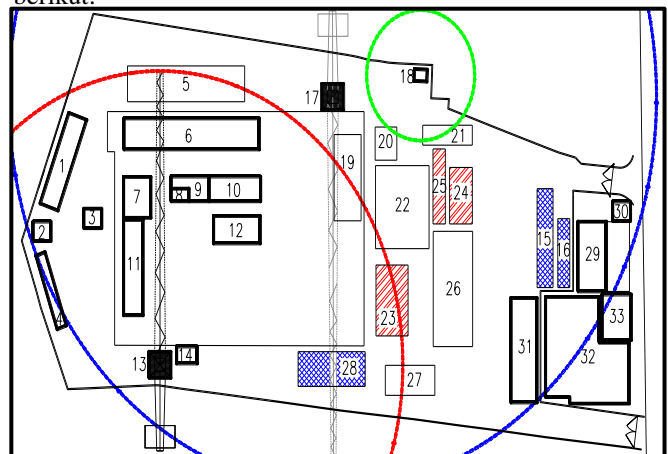
Pemindahan tata letak fasilitas pada skenario ini adalah sebagai berikut:

Tabel 9.

Pertukaran tata letak fasilitas skenario 1

No.	Fasilitas	Simbol angka		Fasilitas	Simbol angka
1	Pabrikasi precast 1	23	dengan	Pabrikasi tulangan	24
				Stock tulangan	25
2	Pabrikasi precast 2	28	dengan	Pabrikasi besi	16
				Stock besi	15

Gambar *site layout* untuk skenario ini adalah sebagai berikut:



Gambar. 5. *Site layout* (skenario 1)

Hasil perhitungan dan perbandingan nilai *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI) terhadap kondisi eksisting dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 10.

Perbandingan nilai TD dan SI skenario 1 dengan kondisi eksisting

Skenario	Traveling Distance		Safety Index	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	5210.4	0	1486.1	0
1	6460	-23.98 (naik)	1315	11.51 (turun)

3. Identifikasi Skenario 2

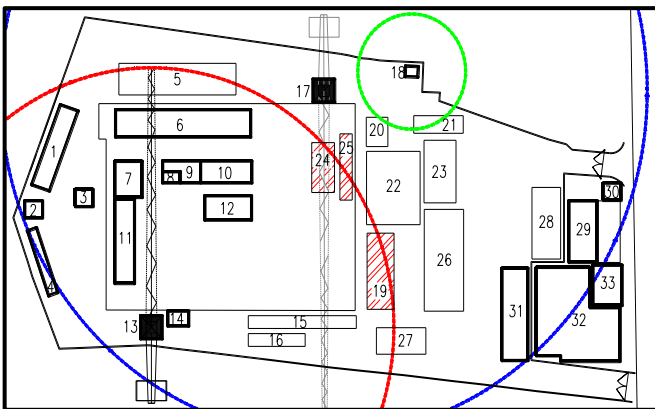
Pemindahan tata letak fasilitas pada skenario ini adalah sebagai berikut:

Tabel 11.

Pertukaran tata letak fasilitas skenario 2

No.	Fasilitas	Simbol angka	Fasilitas	Simbol angka	
1	Pabrikasi bekisting	19	dengan	Pabrikasi tulangan	24
			Stock tulangan	25	

Gambar *site layout* untuk skenario ini adalah sebagai berikut:



Gambar 6. *Site layout* skenario 2

Hasil perhitungan dan perbandingan nilai *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI) terhadap kondisi eksisting dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 12.

Perbandingan nilai TD dan SI skenario 2 dengan kondisi eksisting

Skenario	Traveling Distance		Safety Index	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	5210.4	0	1486.1	0
2	6990.8	-34.17 (naik)	1616.1	-8.75 (naik)

4. Identifikasi Skenario 3

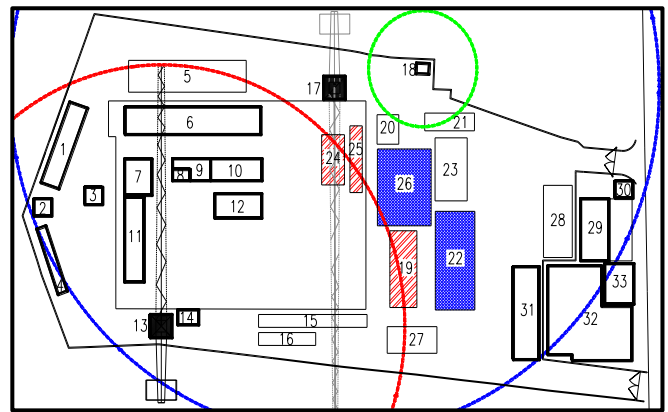
Pemindahan tata letak fasilitas pada skenario ini adalah sebagai berikut:

Tabel 13.

Pertukaran tata letak fasilitas skenario 3

No.	Fasilitas	Simbol angka	Fasilitas	Simbol angka	
1	Pabrikasi bekisting	19	dengan	Pabrikasi tulangan	24
			Stock tulangan	25	
2	Stock kayu, rangka bekisting & scaffolding	22	dengan	Stock Precast 1	26

Gambar *site layout* untuk skenario ini adalah sebagai berikut:



Gambar 7. *Site layout* skenario 3

Hasil perhitungan dan perbandingan nilai *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI) terhadap kondisi eksisting dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 14.

Perbandingan nilai TD dan SI skenario 3 dengan kondisi eksisting

Skenario	Traveling Distance		Safety Index	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	5210.4	0	1486.1	0
3	6875.8	-31.96 (naik)	1536.1	-3.36 (naik)

5. Identifikasi Skenario 4

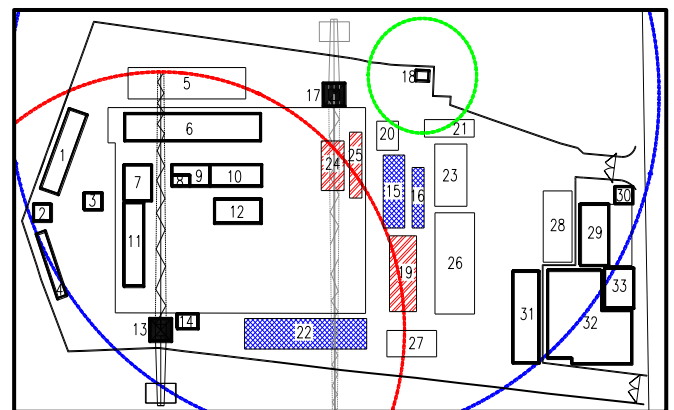
Pemindahan tata letak fasilitas pada skenario ini adalah sebagai berikut:

Tabel 15.

Pertukaran tata letak fasilitas skenario 4

No.	Fasilitas	Simbol angka	Fasilitas	Simbol angka	
1	Pabrikasi bekisting	19	dengan	Pabrikasi tulangan	24
			Stock tulangan	25	
2	Stock kayu, rangka bekisting & scaffolding	22	dengan	Pabrikasi besi	16
			Stock besi	15	

Gambar *site layout* untuk skenario ini adalah sebagai berikut:



Gambar 8. *Site layout* skenario 4

Hasil perhitungan dan perbandingan nilai *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI) terhadap kondisi eksisting dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 16.

Perbandingan nilai TD dan SI skenario 4 dengan kondisi eksisting

Skenario	Traveling Distance		Safety Index	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	5210.4	0	1486.1	0
4	6146	-17.96 (naik)	1436.2	3.36 (turun)

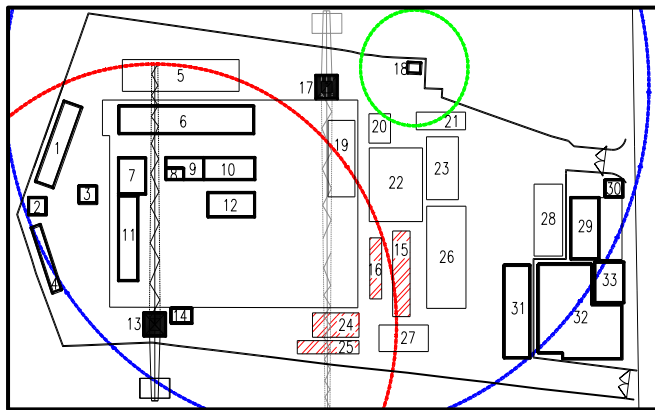
6. Identifikasi Skenario 5

Pemindahan tata letak fasilitas pada skenario ini adalah sebagai berikut:

Tabel 17.
Pertukaran tata letak fasilitas skenario 5

No.	Fasilitas	Simbol angka	Fasilitas	Simbol angka	
1	Pabrikasi tulangan	24	dengan	Pabrikasi besi	16
	Stock tulangan	25		Stock besi	15

Gambar *site layout* untuk skenario ini adalah sebagai berikut:



Gambar. 9. *Site layout* skenario 5

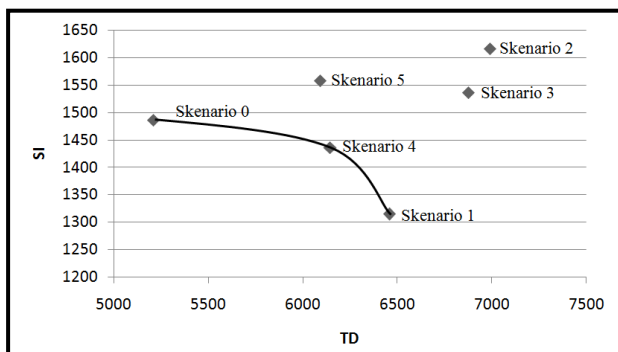
Hasil perhitungan dan perbandingan nilai *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI) terhadap kondisi eksisting dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 18.
Perbandingan nilai TD dan SI skenario 5 dengan kondisi eksisting

Skenario	Traveling Distance		Safety Index	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	5210.4	0	1486.1	0
5	6093.4	-16.95 (naik)	1558.4	-4.87 (naik)

E. Penentuan *Site Layout Optimum*

Penentuan *site layout optimum*, dilakukan dengan cara mencari skenario yang memiliki nilai TD dan SI terkecil [3]. Hasil dari perhitungan TD dan SI pada tiap skenario, diplotkan ke dalam diagram *pareto optima* sebagai berikut:



Gambar. 10. Diagram *pareto optima*

Dari diagram diatas, terdapat dua skenario yang masing-masing memiliki nilai TD atau SI terkecil, dimana skenario 0 dengan nilai TD terkecil yaitu 5210,4 dan skenario 1 dengan nilai SI terkecil yaitu 1315. Tidak ada satu skenario yang memenuhi kedua nilai TD dan SI terkecil. Sehingga, sesuai dengan tujuan awal yaitu melakukan analisis terhadap nilai TD atau SI agar

menghasilkan nilai minimum, maka terdapat dua bentuk *site layout* yang optimum untuk proyek Apartemen De Papilio, yaitu:

- Bentuk *site layout* optimum adalah skenario 0 (kondisi eksisting), apabila proyek mengutamakan nilai TD yang terkecil atau,
- Bentuk *site layout* optimum adalah skenario 1, apabila proyek mengutamakan nilai SI yang terkecil.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa analisis dan perhitungan pada bab – bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil identifikasi kelima skenario pemindahan fasilitas, didapatkan nilai TD (*Traveling Distance*) yang paling minimum adalah 5210,4 pada skenario 0 (kondisi eksisting).
2. Sedangkan nilai SI (*Safety Index*) yang paling minimum adalah 1315 pada skenario 1, atau mengalami penurunan sebesar 11,51% dari kondisi eksisting.
3. Penentuan bentuk *site layout* optimum dilakukan berdasarkan prioritas kebutuhan proyek. Apabila memprioritaskan jarak tempuh (*Traveling Distance*) yang paling minimum, maka bentuk *site layout* optimum adalah skenario 0 (kondisi eksisting). Sedangkan, apabila memprioritaskan tingkat keselamatan (*Safety Index*), maka bentuk *site layout* optimum adalah skenario 1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Effendi, D.T. 2012. *Optimasi (Unequal) Site Layout Menggunakan Multi-Objectives Function Pada Proyek Pembangunan Apartemen Puncak Kertajaya Surabaya*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Pradana, E. 2014. *Analisis Tata Letak Fasilitas Proyek Menggunakan Activity Relationship Chart Dan Multi-Objectives Function Pada Proyek Pembangunan Apartemen De Papilio Surabaya*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Pranarka, D. 2012. *Optimasi (Equal) Site Layout Menggunakan Multi-Objectives Function Pada Proyek A*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Sidharno, W. 2010. *Analisa Tata Letak Fasilitas dan Aliran Bahan pada Proyek Konstruksi*. Jurnal. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.