



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**ANALISIS *SITE LAYOUT* PROYEK MENGGUNAKAN
MULTI-OBJECTIVE FUNCTION DAN *ACTIVITY
RELATIONSHIP CHART* PADA PROYEK
PEMBANGUNAN APARTEMEN GUNAWANGSA
TIDAR SURABAYA**

MOHAMMAD ELFIKRI KOMARUZZAMAN
0311104000011

Dosen Pembimbing I
Mohammad Arif Rohman ST., MSc., PhD.

Dosen Pembimbing II
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR -RC14-1501

**ANALISA *SITE LAYOUT* PROYEK MENGGUNAKAN
MULTI-OBJECTIVE FUNCTION DAN *ACTIVITY
RELATIONSHIP CHART* PADA PROYEK
PEMBANGUNAN APARTEMEN GUNAWANGSA
TIDAR SURABAYA**

MOHAMMAD ELFIKRI KOMARUZZAMAN
03111040000011

Dosen Pembimbing I
Mohammad Arif Rohman ST., MSc., PhD.

Dosen Pembimbing II
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR -RC14-1501

**PROJECT SITE LAYOUT ANALYSIS USING MULTI-
OBJECTIVE FUNCTION AND ACTIVITY
RELATIONSHIP CHART IN THE CONSTRUCTION
PROJECT OF GUNAWANGSA TIDAR
SURABAYA**

MOHAMMAD ELFIKRI KOMARUZZAMAN
03111040000011

Supervisor I
Mohammad Arif Rohman ST., MSc., PhD.

Supervisor II
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.

CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environment and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

**ANALISIS SITE LAYOUT PROYEK
MENGUNAKAN *MULTI-OBJECTIVE FUNCTION*
DAN *ACTIVITY RELATIONSHIP CHART* PADA
PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN
GUNAWANGSA TIDAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MOHAMMAD ELFIKRI KOMARUZZAMAN
NRP. 03111040000113

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. M. Arif Rohman, ST., MSc., PhD.
NIP 197712082005011002 
2. Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.
NIP 198207312008121002 



SURABAYA
JULI, 2018

**ANALISIS SITE LAYOUT PROYEK
MENGUNAKAN MULTI OBJECTIVE FUNCTION
DAN ACTIVITY RELATIONSHIP CHART PADA
PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN
GUNAWANGSA TIDAR SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Mohammad Elfikri Komaruzzaman
NRP : 0311104000011
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Pembimbing : 1.Mohammad Arif Rohman ST., MSc., PhD.
2.Cahyono Bintang Nurcahyo, ST, MT,

Abstrak

Setiap proyek konstruksi idealnya melakukan perencanaan tata letak lapangan untuk menunjang kinerja dalam proyek. Perencanaan tata letak fasilitas lapangan yang baik dapat meningkatkan produktivitas kerja. Penentuan tata letak fasilitas lapangan menggunakan variabel fungsi obyektif Traveling Distance (TD) dan Safety Index (SI).

Letak fasilitas lapangan yang optimal dapat ditentukan dengan meminimalkan jarak antar fasilitas (TD) dan juga meminimalkan risiko kecelakaan kerja (SI). Activity Relationship Chart (ARC) merupakan gambaran hubungan keterkaitan antar fasilitas yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pemindahan tata letak. Pada penelitian ini pemindahan tata letak dilakukan sebanyak empat skenario, dengan masing- masing skenario dicari nilai TD dan SI nya serta menggunakan ARC sebagai alasan dilakukannya pemindahan.

Berdasarkan analisis, hasil nilai Traveling Distance (TD) paling minimum terletak pada skenario 2 sebesar 4074,4 meter dengan mengalami penurunan sebesar 7,68% dan nilai Safety Index (SI) paling minimum terletak pada skenario 4 sebesar 613,5558 atau dengan mengalami penurunan sebesar 1,12 % dari kondisi eksisting.

Kata Kunci : Analysis Site Layout, Activity Relationship Chart (ARC), Multi-Objective Function, Traveling Distance, Safety Index.

PROJECT SITE LAYOUT ANALYSIS USING MULTI OBJECTIVE FUNCTION AND ACTIVITY RELATIONSHIP CHART IN THE CONSTRUCTION PROJECT APARTMENT OF GUNAWANGSA TIDAR SURABAYA

Name : Mohammad Elfikri Komaruzzaman
Student ID : 0311104000011
Department : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Supervisor : 1.Mohammad Arif Rohman ST., MSc., PhD.
2.Cahyono Bintang Nurcahyo, ST, MT,

Abstract

Each construction project always develop site layout plan to support project performance. A good site layout planning can improve work productivity in. This research use Traveling Distance (TD) and Safety Index (SI) objective function to determine site layout of project facilities.

Optimal site layout is determine by minimizing distance among facilities (TD) and also minimize risk accident (SI). Activity Relationship Chart (ARC) is a description of interdependency among facilities, used as a guide to swap project facilities location. In this research, there are four scenarios of site layout which has TD and SI value for each scenarios. Project facilities at each scenarios are swapped based on ARC guidance.

Obtained the most minimum traveling distance value lies in scenario 2 of 4074.4 meters with a decrease of 7.68% and the minimum safety index value lies in scenario 4 of 613,5558 or by decreasing by 1.12% from the existing condition .

Keyword : *Analysis Site Layout, Activity Relationship Chart (ARC), Multi-Objective Function, Traveling Distance, Safety Index.*

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia, dan Petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“ANALISIS SITE LAYOUT PROYEK MENGGUNAKAN MULTI-OBJECTIVE FUNCTION DAN ACTIVITY RELATIONSHIP CHART PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GUNAWANGSA TIDAR SURABAYA”**. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Manajemen Konstruksi, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan junjungan nabi besar Muhammad SAW.
2. Kedua orang tua tercinta, bapak Eko Widiatmoko dan ibu Ema Faradiba, serta kakak dan adik, Sita Evita Komalasari dan Erlina Komaruljannah yang selalu memberikan dukungan, dan doa untuk keberhasilan penulis.
3. Bapak Mohammad Arif Rohman dan Cahyono Bintang Nurcahyo selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, saran, serta bimbingannya.
4. Rekan semasa perkuliahan yang masih berada di lingkungan kampus ITS yang telah memberikan banyak ilmu dan dukungan, semangat, bantuan, kebersamaan, dan kerjasama selama ini.

Besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi banyak pihak. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik, koreksi, dan saran dari pembaca yang bersifat membangun untuk pengembangan ke arah yang lebih baik.

Surabaya, Agustus 2018

Penulis

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	2
1.3 Tujuan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi dan Terminologi.....	5
2.2 Konsep dan Dasar Teori.....	7
2.2.1 Perencanaan <i>Site Plan/ Site Installation</i> Pada Proyek	7
2.2.2 Konsep <i>Equal Site Layout</i>	10
2.2.3 Fasilitas Pada Proyek Konstruksi	11
2.2.4 Perhitungan <i>Traveling Distance</i>	12
2.2.5 Perhitungan <i>Safety Index</i>	13
2.2.6 Konsep <i>Activity Relationship Chart</i>	15
2.3 Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Konsep Penelitian.....	21
3.2 Variabel Penelitian	21
3.3 Langkah Penelitian	22
3.3.1 Pengumpulan Data dan Identifikasi Fasilitas.....	22
3.3.2 Pengukuran Jarak Antar Fasilitas.....	22
3.3.3 Menghitung Frekuensi Perjalanan Pekerja	23

3.3.4 Mengidentifikasi <i>Safety Index</i>	24
3.3.5 Mengoptimasi <i>Site Layout</i>	27
3.3.6 Penentuan <i>Site Layout Optimum</i>	30
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	31
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Pengumpulan Data dan Identifikasi Fasilitas ..	35
4.2 Identifikasi <i>Safety Index</i>	49
4.3 Identifikasi <i>Activity Relationship Chart</i>	50
4.4 Perhitungan <i>Traveling Distance (TD)</i> dan <i>Safety</i> <i>Index (SI)</i>	53
4.4.1 Perhitungan pada Skenario 0 (Eksisting)	54
4.4.2 Perhitungan pada Skenario 1	61
4.4.3 Perhitungan pada Skenario 2	80
4.4.4 Perhitungan pada Skenario 3	95
4.4.5 Perhitungan pada Skenario 4	111
4.5 Penentuan <i>Site Layout Optimum</i>	128
BAB V KESIMPULAN.....	131
5.1 Kesimpulan.....	131
5.2 Saran.....	131
DAFTAR PUSTAKA	133
LAMPIRAN.....	135
BIODATA PENULIS.....	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh Pengelompokan Fasilitas Proyek Konstruksi	11
Tabel 2.2 Klasifikasi Tingkat Bahaya	13
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	20
Tabel 3.2 Contoh Jarak Antar <i>Facilities</i>	22
Tabel 3.3 Contoh Frekuensi Perjalanan Pekerja	22
Tabel 3.4 Contoh Klasifikasi Tingkat Bahaya Kecelakaan	23
Tabel 3.5 Contoh Perhitungan <i>Safety Index</i> Menggunakan Proporsi Jarak	25
Tabel 3.6 Contoh <i>Safety Index</i> Antar Fasilitas	26
Tabel 3.7 Contoh Perhitungan SI	28
Tabel 3.8 Contoh Perhitungan TD	28
Tabel 4.1 List Fasilitas Proyek Keseluruhan	32
Tabel 4.2 List Fasilitas yang Digunakan	34
Tabel 4.3 Jarak Antar Fasilitas	36
Tabel 4.4 Frekuensi Perjalanan Pekerja	37
Tabel 4.5 Klasifikasi Tingkat Bahaya Kecelakaan	41
Tabel 4.6 Perhitungan <i>Safety Index</i> Menggunakan Proporsi Jarak	42
Tabel 4.7 <i>Safety Index</i> Antar Fasilitas	45
Tabel 4.8 Hubungan Kedekatan Antar Fasilitas	48
Tabel 4.9 <i>Travel Distance</i> Kondisi Eksisting	52
Tabel 4.10 <i>Safety Index</i> Kondisi Eksisting	54
Tabel 4.11 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 1	56
Tabel 4.12 Jarak Antar Fasilitas Iterasi 1	58
Tabel 4.13 Perhitungan <i>Safety Index</i> Menggunakan Proporsi Jarak Iterasi 1	60
Tabel 4.14 <i>Safety Index</i> antar Fasilitas Iterasi 1	64
Tabel 4.15 <i>Travel Distance</i> Iterasi 1	66
Tabel 4.16 <i>Safety Index</i> Iterasi 1	68
Tabel 4.17 Perbandingan Nilai TD dan SI Skenario 1 dengan Kondisi Eksisting	70
Tabel 4.18 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 2	70
Tabel 4.19 Jarak Antar Fasilitas Iterasi 2	72

Tabel 4.20 Perhitungan Safety Index Menggunakan Proporsi Jarak Iterasi 2	74
Tabel 4.21 <i>Safety Index</i> antar Fasilitas Iterasi 2	78
Tabel 4.22 <i>Travel Distance</i> Iterasi 2.....	80
Tabel 4.23 <i>Safety Index</i> Iterasi 2.....	82
Tabel 4.24 Perbandingan Nilai TD dan SI Skenario 2 dengan Kondisi Eksisting	84
Tabel 4.25 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 3	84
Tabel 4.26 Jarak Antar Fasilitas Iterasi 3	86
Tabel 4.27 Perhitungan Safety Index Menggunakan Proporsi Jarak Iterasi 3	88
Tabel 4.28 <i>Safety Index</i> antar Fasilitas Iterasi 3	91
Tabel 4.29 <i>Travel Distance</i> Iterasi 3.....	93
Tabel 4.30 <i>Safety Index</i> Iterasi 3.....	95
Tabel 4.31 Perbandingan Nilai TD dan SI Skenario 3 dengan Kondisi Eksisting	97
Tabel 4.32 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 4	97
Tabel 4.33 Jarak Antar Fasilitas Iterasi 4	99
Tabel 4.34 Perhitungan Safety Index Menggunakan Proporsi Jarak Iterasi 4	101
Tabel 4.35 <i>Safety Index</i> antar Fasilitas Iterasi 4	104
Tabel 4.36 <i>Travel Distance</i> Iterasi 4.....	106
Tabel 4.37 <i>Safety Index</i> Iterasi 4.....	108
Tabel 4.38 Perbandingan Nilai TD dan SI Skenario 4 dengan Kondisi Eksisting	110
Tabel 4.39 Perbandingan Nilai TD dan SI dengan Kondisi Eksisting	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh <i>Equal</i> dan <i>Unequal Site Layout</i>	10
Gambar 2.2	Contoh <i>Activity Relationship Chart</i>	14
Gambar 3.1	Contoh Pembagian Zona Kecelakaan Kerja	24
Gambar 3.2	Contoh Pemindahan <i>Site Facilities</i>	27
Gambar 3.3	Contoh Gambar Diagram Pareto Optima.....	29
Gambar 3.4	Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4.1	Pembagian Zona Kecelakaan Kerja	24
Gambar 4.2	<i>Activity Relationship Chart</i>	46
Gambar 4.3	Eksisting <i>Site Layout</i> (Skenario 0).....	50
Gambar 4.4	<i>Site Layout</i> Skenario 1	57
Gambar 4.5	<i>Site Layout</i> Skenario 2	71
Gambar 4.6	<i>Site Layout</i> Skenario 3	86
Gambar 4.7	<i>Site Layout</i> Skenario 4	98
Gambar 4.8	Diagram Pareto Optimal	111

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan tata letak fasilitas merupakan hal yang sangat penting dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Perencanaan tata letak lapangan memiliki peranan untuk menentukan dan menempatkan fasilitas-fasilitas penunjang pelaksanaan proyek pada lokasi yang tepat. Tata letak fasilitas sementara memiliki dampak yang penting bagi waktu pekerjaan proyek dan biaya proyek terutama pada proyek-proyek besar. Setiap proyek tentu memiliki luas lahan yang berbeda-beda serta memerlukan fasilitas yang berbeda pula dalam pelaksanaan proyek. (Yeh, 1995). Selain itu, perlu dipertimbangkan mengenai fungsi dari masing-masing fasilitas tersebut. Pengaturan *site* sendiri ada dua jenis, yakni *equal site* dan *unequal site*. *Equal site* merupakan kondisi dimana jumlah lokasi yang tersedia sama dengan jumlah fasilitas yang ada, sedangkan *unequal site* merupakan kondisi di mana jumlah lokasi yang tersedia lebih banyak daripada jumlah fasilitas yang ada di proyek.

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 facility* terlalu jauh maka waktu perjalanan yang dibutuhkan juga semakin banyak sehingga menurunkan produktivitas kerja.

Dalam menentukan jarak antar fasilitas, perlu diketahui 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 (Pradana, 2014).

Hal lain yang juga perlu diperhatikan adalah segi keamanan dan keselamatan dalam melakukan aktifitas antar fasilitas proyek. Banyak kemungkinan bahaya yang dapat sewaktu waktu terjadi ketika para pekerja melakukan pekerjaan di area proyek. Penempatan fasilitas-fasilitas yang sudah ditentukan ke dalam lokasi yang tepat merupakan hal yang tidak mudah. Hal ini membuat perencanaan tata letak lapangan menjadi kompleks. Dalam menangani kompleksitas ini, ada beberapa alternatif yang dapat dilakukan untuk mendapatkan penataan site yang optimal supaya jarak tempuh antar fasilitas dan tingkat bahaya yang dimiliki bisa di minimalkan.

Penelitian ini akan menganalisa penempatan *site facility* yang paling ideal dalam penentuan *site layout* yang optimum pada fase pelaksanaan di proyek pembangunan Apartemen Gunawangsa Tidar tepatnya pada pengerjaan Tower C. Menurut hasil wawancara yang dilakukan di lokasi tersebut penempatan site layout di lapangan diadakan berdasarkan pengalaman. Dengan permasalahan tersebut diharapkan dari penelitian ini dapat menemukan kondisi site layout yang lebih produktif dan efektif dalam pengerjaan proyek di lapangan.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan penjelasan dari latar belakang tersebut, maka dalam Tugas Akhir ini diambil perumusan sebagai berikut:

Bagaimana menentukan *site layout* yang paling optimal berdasarkan *Traveling Distance* dan *Safety Index*?

1.3 Tujuan Permasalahan

Adapun tujuan yang ingin diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk menentukan *site layout* yang optimal berdasarkan *Traveling Distance* dan *Safety Index*.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penulisan lebih terarah dan sistematis, penulis membatasi pembahasan masalah mengenai:

1. Obyek yang diteliti adalah site layout Apartemen Gunawangsa Tidar
2. Kondisi site layout pada proyek adalah equal site layout, dikarenakan jumlah lahan yang digunakan untuk fasilitas sudah digunakan seluruhnya sehingga tidak memungkinkan untuk diadakannya penambahan fasilitas baru.
3. Temporary facilities yang digunakan adalah fasilitas berkaitan langsung dengan aktifitas fisik pembangunan proyek.
4. Pengoptimasian *Traveling Distance* dan *Safety Index* dilakukan sebanyak 4 iterasi.
5. Frekuensi perpindahan yang ditinjau merupakan frekuensi perjalanan pekerja dalam waktu tertentu yang ditetapkan oleh penulis

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memperluas wawasan pada bidang manajemen konstruksi bagi penulis maupun pembaca terutama dalam hal perencanaan site layout pada pelaksanaan proyek konstruksi.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan metode analisis site layout kedepannya.
3. Hasil dari penelitian ini dapat diterapkan pada proyek yang bersangkutan agar efektifitas dan efisiensi pengerjaan proyek semakin meningkat.

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi dan Terminologi

Dalam Pengerjaan Tugas Akhir ini terdapat beberapa istilah yang digunakan dalam Analisa *Site Layout*. Istilah tersebut antara lain.

1. Analisa, Menurut KBBI secara umum pengertian analisis adalah peristiwa (karangan, perbuatan, dsb) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya. Sedangkan arti secara manajemen, analisis yaitu penguraian suatu pokok atas berbafabagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri serta hubungan antar bagian untuk mendapat pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan.
2. *Site Layout* adalah tampak atas bangunan yang terpotong secara horizontal setinggi 1 meter dari ketinggian nol sebuah bangunan dengan bagian atas bangunan dihilangkan yang dilengkapi dengan lingkungan, jalan dan bangunan disekitarnya (Fauzi, 2011). Dengan kata lain, *site layout* merupakan pandangan dari sebuah lokasi pengerjaan proyek yang berada pada lahan tersebut.
3. *Site Layout* Menurut KBBI, fasilitas adalah sarana untuk melancarkan pelaksanaan fungsi. Fasilitas proyek adalah sarana proyek yang dibangun untuk melancarkan pekerjaan persiapan yang bersifat sementara dan nantinya akan dibongkar setelah pelaksanaan proyek selesai.
4. Produktivitas merupakan suatu ukuran yang menyatakan bagaimana baiknya sumber daya diatur dan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal. Sehingga, produktifitas dapat dijadikan sebagai tolak ukur keberhasilan suatu proyek dalam usaha penghematan waktu dan biaya pengerjaan proyek tersebut.

5. *Traveling Distance* adalah jarak yang dicapai pada saat aliran pergerakan pekerja, peralatan dan material dari suatu fasilitas ke fasilitas lain. *Traveling Distance* ini merupakan hubungan jarak tempuh (meter) antar *site facilities*, dengan frekuensi perpindahan pekerja (per hari) antar *site facilities* tersebut. Jika area yang disediakan untuk *site facilities* pada suatu proyek konstruksi memiliki lahan yang luas, maka permintaan terhadap kebutuhan area yang utama sebagai tempat perletakan fasilitas yang dibutuhkan semakin tinggi sehingga penempatan fasilitas dapat tersebar di area yang kosong. Hal tersebut akan menyebabkan bertambahnya jarak aliran pergerakan pekerja, peralatan dan material (Tommelein, 1992)
6. *Safety Index* adalah indeks tingkat bahaya kecelakaan kerja pada suatu zona dalam proyek konstruksi (Pranarka, 2012). *Safety index* merupakan hubungan antara jarak yang ditempuh pekerja dalam zona bahaya(meter) dengan frekuensi perpindahan pekerja (perhari) di dalam zona bahaya tersebut. Semakin besar nilai *safety index* nya, maka akan semakin tinggi resiko kecelakaan kerja.
7. *Unequal site layout* merupakan kondisi dimana jumlah lokasi yang tersedia lebih banyak daripada jumlah fasilitas yang ada di proyek (Effendi, 2012). Hal ini berarti, masih ada lahan tersisa yang dapat digunakan untuk mendirikan fasilitas baru, maupun memindahkan fasilitas lama yang telah ada ke dalam lahan sisa tersebut.
8. *Equal site layout* merupakan kondisi dimana jumlah lokasi yang tersedia sama dengan jumlah fasilitas proyek yang ada (Effendi,2012). Pada *equal site layout*, tidak ada lahan sisa yang dapat dipergunakan.
9. Multi-Objective Function, menurut Slesongsom (dalam Mahmudy dan Rahman,2008), sebuah permasalahan optimasi (*optimization problem*), yang dimodelkan secara

matematis, umumnya terdiri dari fungsi-fungsi tujuan dan kendala-kendala. Fungsi tujuan mempresentasikan tujuan yang ingin dioptimalkan. Karena jumlah fungsi tujuannya lebih dari satu, maka solusi optimum dari *multicriteria optimization problem* juga lebih dari satu, yang kesemuanya masuk ke dalam sebuah set yang disebut *pareto frontier*. Hal ini sejalan dengan prinsip dimana tidak ada satu pun solusi yang mampu memberikan hasil yang lebih optimal dari salah satu fungsi tujuan yang ada, tanpa mengorbankan fungsi tujuan lainnya. Secara sederhana, fungsi *multi-objectives* adalah gabungan dari beberapa fungsi objektif, yang masing-masing dari fungsi objektif tersebut akan dioptimumkan. Karena fungsi objektif nya lebih dari satu, maka diperlukan metode untuk menemukan nilai maksimum atau minimum dari hubungan kedua fungsi objek tersebut. Contoh fungsi objektif adalah *traveling distance* dan *safety index*. Sedangkan, contoh metode untuk menemukan nilai maksimum atau minimum dari hubungan kedua fungsi objektif tersebut adalah diagram *pareto optima*.

10. *Activity Relationship Chart* (ARC) adalah suatu cara atau teknik yang sederhana di dalam merencanakan tata letak fasilitas atau departemen berdasarkan derajat hubungan aktivitas yang sering dinyatakan dalam penilaian kualitatif dan cenderung berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang bersifat subyektif dari masing-masing fasilitas atau departemen (Ariyani, 2012)

2.2. Konsep dan Dasar Teori

2.2.1. Perencanaan *Site Plan/ Site Installation* pada Proyek Konstruksi

Pelaksanaan Konstruksi merupakan rangkaian kegiatan atau bagian dari kegiatan dalam pekerjaan konstruksi mulai dari

persiapan lapangan sampai dengan penyerahan hasil akhir pekerjaan konstruksi (Djojowiriono , 2014).

Sebelum memulai pekerjaan pelaksanaan konstruksi, harus ada kegiatan peninjauan keadaan lapangan (project site) untuk memperoleh gambaran secara menyeluruh mengenai keadaan lapangan dalam rangka menyusun kegiatan pelaksanaan pekerjaan persiapan (Djojowiriono , 2014).

Pelaksanaan pekerjaan persiapan merupakan salah satu metode dalam pelaksanaan konstruksi. Penerapan metode tersebut, terkait erat dengan kondisi lapangan dan jenis proyek yang dikerjakan. Setiap proyek memiliki keunikan masing-masing, tidak ada dua proyek yang sama persis. Semua jenis proyek konstruksi umumnya dimulai dengan pelaksanaan pekerjaan persiapan.

Salah satu kegiatan dalam pelaksanaan pekerjaan persiapan adalah *site plan / site installation*. Terdapat 4 tujuan pokok dalam perencanaan *site plan /site installation*, yaitu:

1. Efisien

Penempatan dari bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek perlu diatur menurut kebutuhan sehingga diperoleh efisiensi kerja. Efisiensi kerja adalah pencapaian perbandingan terbaik antara sumber tenaga dengan hasil pelaksanaan.

Oleh karena itu, jarak maupun ukuran fasilitas-fasilitas proyek harus diperhitungkan dengan baik agar pengerjaan proyek dapat berjalan dengan lancar (Djojowiriono, 2014).

2. Efektif

Penempatan bangunan-bangunan fasilitas dan sarana yang efektif pada proyek juga dibutuhkan dalam menunjang pekerjaan konstruksi. Efektif adalah dapat diselesaikannya suatu pekerjaan sesuai dengan rencana (schedule) yang telah disusun.

Perencanaan *site layout* yang kurang efektif dapat memberikan dampak yang kurang baik terhadap rancangan (schedule) kerja yang telah disusun. Hal ini akan semakin menambah waktu dan biaya pengerjaan proyek, serta menurunkan

tingkat produktivitas pengerjaan proyek tersebut (Djojowirono, 2014).

3. Lancar

Lancar dalam perencanaan *site plan / site installation* adalah kelancaran pelaksanaan pekerjaan, terutama kelancaran transportasi/ angkutan di lokasi proyek.

Pembuatan jalan kerja untuk mendukung kelancaran transportasi sangat erat hubungannya dengan peletakan bangunan-bangunan fasilitas dan sarana proyek lainnya. Terganggunya kelancaran transportasi dapat mengakibatkan timbulnya hambatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi sehingga jangka waktu pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat menyimpang dari rencana kerja yang telah disusun (Djojowirono, 2014).

4. Aman

Salah satu tujuan dibuatnya bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek adalah untuk keperluan keamanan dan keselamatan pekerjaan selama berlangsungnya kegiatan proyek.

Keamanan adalah menghindarkan gangguan pencurian, kehilangan dan kerusakan peralatan serta bahan-bahan bangunan. Sedangkan yang dimaksud dengan keselamatan adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan keselamatan para tenaga kerja (Djojowirono, 2014).

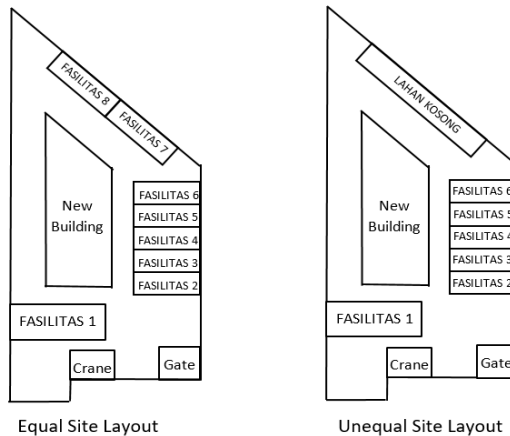
Suatu manajemen sumber daya yang efektif dan efisien maka akan terwujud suatu penataan site yang baik. Pertimbangan yang utama dan mendasar dalam perkembangan dari suatu layout yang efektif adalah kelancaran dan penggunaan biaya yang rendah dari aliran material, pekerja dan peralatan (Hegazy dan Elbetagi, 1999). Pendapat serupa juga disampaikan oleh Tommelein (1992) bahwa tujuan dari perencanaan *site layout* yang baik adalah meningkatkan keselamatan kerja dan operasional yang efisien serta meminimalkan *traveling distance*, dan waktu pergerakan pekerja.

2.2.2. Konsep *Equal Site Layout*

Site plan / site installation merupakan kegiatan pengaturan letak serta hubungan antar fasilitas dan sarana pada proyek yang mendukung semua pekerjaan konstruksi. Dalam perencanaannya, *site plan / site installation* harus disesuaikan dengan maksud kegunaan dan fungsi dari masing masing fasilitas dan sarana serta disesuaikan kebutuhan proyek seperti lokasi, luas area, luas, bentuk, dan tinggi bangunan, metode kerja, anggaran dan waktu proyek (Putra, 2006).

Site installation atau penempatan *site layout* adalah penempatan fasilitas-fasilitas proyek, seperti *crane*, lahan fabrikasi, gudang, tempat parkir, barak pekerja, dan lain sebagainya dengan efektif sehingga dapat menghemat waktu dan biaya pengerjaan proyek. Jenis fasilitas dalam setiap proyek berbeda-beda berdasarkan jenis dan karakteristik proyek itu sendiri (Pranarka, 2012).

Dalam penentuan *site layout*, terdapat kondisi dimana jumlah lahan yang tersedia sama dengan jumlah fasilitas yang ada. Kondisi ini disebut sebagai *equal site layout*. Dalam arti sesungguhnya *equal* memiliki arti yaitu sama (Pranarka, 2012). Pada *equal site layout* tidak digunakan *dummy* untuk proses optimasinya karena tempat yang tersedia dalam proyek sangat terbatas. Sehingga pada proses optimasi *equal site layout* ini hanya bisa memindahkan ini hanya bisa memindahkan fasilitas ke lokasi yang cocok dan sudah ditentukan sebelumnya.



Gambar 2.1 Contoh *Equal* dan *Unequal Site Layout*
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pada gambar 2.1 diatas, dapat dilihat bahwa untuk *equal site layout* tidak dimungkinkan lagi adanya penambahan fasilitas. Hal ini dikarenakan lahan yang ada di lokasi proyek telah dipergunakan seluruhnya. Sedangkan untuk *unequal site layout*, masih terdapat lahan kosong yang memungkinkan untuk penambahan fasilitas, ataupun pemanfaatan lahan kosong tersebut untuk pemindahan fasilitas-fasilitas yang telah ada.

2.2.3. Fasilitas pada Proyek Konstruksi

Dalam merencanakan *site layout* untuk pekerjaan persiapan, perlu diperhitungkan secara cermat penempatan masing-masing fasilitas dan sarana yang diperlukan dalam menunjang pelaksanaan metode pekerjaan konstruksi (Putra, 2006). Penempatan fasilitas-fasilitas yang efektif di lapangan membuat pergerakan material dan aliran kerja berjalan dengan baik, terutamainteraksi antar setiap fasilitas yang ada (Effendi, 2012).

Perlu dipertimbangkan bahwa seluruh fasilitas dan sarana proyek yang dibangun untuk pekerjaan persiapan tersebut adalah bersifat sementara dan nantinya akan dibongkar setelah pelaksanaan proyek selesai. Walaupun demikian, pemilihan bahan bangunan dan jenis konstruksi harus dipertimbangkan agar bangunan fasilitas dan sarana tersebut dapat bertahan selama jangka waktu pelaksanaan pekerjaan bangunan utama // pokok serta dapat menjamin keamanan dan keselamatan para penggunanya (Putra, 2006).

Terdapat tiga jenis pengelompokan fasilitas yang dibutuhkan di lapangan menurut Hegazy dan Elbeltagi yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 Contoh Pengelompokan Fasilitas Proyek Konstruksi

Fasilitas	Tipe
A	Fasilitas sementara (Temporary Facility): dapat diletakkan di tempat kosong manapun di lapangan
B	Fasilitas Tetap (Fixed Facility): memiliki tempat yang tetap di lapangan dan berhubungan dengan fasilitas lainnya
C	Rintang/Hambatan (Obstacle): area yang tidak dapat ditempati atau digunakan

(Sumber : Hegazy dan Elbeltagi, 1999)

Sesuai dengan tabel 2.1 diatas, fasilitas tetap harus diidentifikasi dahulu sebagai variabel tetap yang tidak akan berubah posisi atau tata letaknya sedangkan fasilitas sementara adalah fasilitas-fasilitas yang nantinya akan dirubah letaknya di lapangan atau dioptimasi tata letaknya hingga diperoleh *site layout* yang optimal.

2.2.4. Perhitungan *Traveling Distance* (TD)

Traveling Distance adalah jarak sesungguhnya yang dilalui oleh pekerja perharinya antara satu fasilitas dengan fasilitas lainnya. Menurut Tommelein (dalam Pranarka, 2012), apabila area

yang disediakan untuk *site facilities* pada suatu proyek konstruksi memiliki lahan yang luas, maka permintaan terhadap kebutuhan area yang utama sebagai tempat peletakan fasilitas-fasilitas yang dibutuhkan semakin tinggi, sehingga penempatan fasilitas dapat disebar di area yang kosong di mana saja. Penempatan fasilitas ini harus dipertimbangkan dengan baik karena dapat menyebabkan bertambahnya jarak yang ditempuh oleh pekerja dari fasilitas ke fasilitas lainnya sehingga tingkat produktivitas menurun.

Untuk mencari jarak tempuh (*Traveling Distance*), dapat digunakan rumus 2.1 sebagai berikut

$$\text{Traveling Distance (TD)} = \sum_{m,i=1}^n d_{mi1} \times f_{mi1} \quad (2.1)$$

(Sumber Pranarka, 2012)

Dimana:

TD = Hubungan antar jarak dan frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas (meter)

N = Jumlah fasilitas total

d_{mi} = jarak fasilitas m menuju ke i (meter)

f_{mi} = frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas m dan I (kali per hari)

dari rumus 2.1 diatas, dapat diketahui nilai *traveling distance* (TD), yaitu besar perjalanan pekerja dalam satu harinya. Untuk mendapatkan site layout yang optimum, harus dicari nilai *traveling distance* yang paling minimum.

2.2.5. Perhitungan Safety Index (SI)

Dalam setiap pengerjaan proyek konstruksi, keselamatan dan kesehatan para pekerja adalah hal yang penting. Tingkat kecelakaan yang tinggi dan rendahnya kesehatan para pekerja proyek tentu dapat menurunkan produktivitas pengerjaan proyek. Keselamatan dan kesehatan kerja adalah suatu kondisi dalam pekerjaan yang sehat dan aman baik itu pekerjaanya, perusahaan, maupun bagi masyarakat dan lingkungan sekitartempat kerja

tersebut. Keselamatan dan kesehatan kerja juga merupakan suatu usaha untuk mencegah setiap perbuatan atau kondisi tidak selamat yang dapat mengakibatkan kecelakaan.

Perencanaan tata letak fasilitas proyek yang tepat, dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja. Semakin banyak perpindahan yang dilakukan pekerja, maka semakin besar juga kemungkinan terjadi kecelakaan kerja (Pranarka, 2012). Tingkat bahaya kecelakaan kerja dapat diklasifikasikan sesuai tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Tingkat Bahaya

Safety Index	Kriteria kecelakaan
1	Tidak ada cedera (kerugian material kecil)
2	Cedera ringan (kerugian materia sedang)
3	Hilang hari kerja (kerugian material cukup besar)
4	Cacat (kerugian material besar)
5	Kematian (kerugian material sangat besar)

Pada tabel 2.2 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai *safety index* nya, maka semakin besar bahaya dan kerugian material yang terjadi. Sedangkan apabila nilai *safety index* nya kecil maka semakin kecil bahaya dan kerugian material yang terjadi. Oleh karena itu, diperlukan optimasi untuk mengurangi tingkat kecelakaan kerja, dengan cara meminimalkan frekuensi perpindahan pekerja antar *site facilities*.

Untuk Mengetahui hubungan antara tingkat keamanan dan keselamatan dengan frekuensi perpindahan pekerja, dapat digunakan rumus 2.2 sebagai berikut:

$$Safety\ Index\ (SI) = \sum_{m,i=1}^n S_{mi} \times f_{mi} \quad (2.2)$$

(Sumber: Pranarka, 2012)

Dimana:

SI = Hubungan antara tingkat keamanan dan keselamatan dengan frekuensi perjalanan pekerja

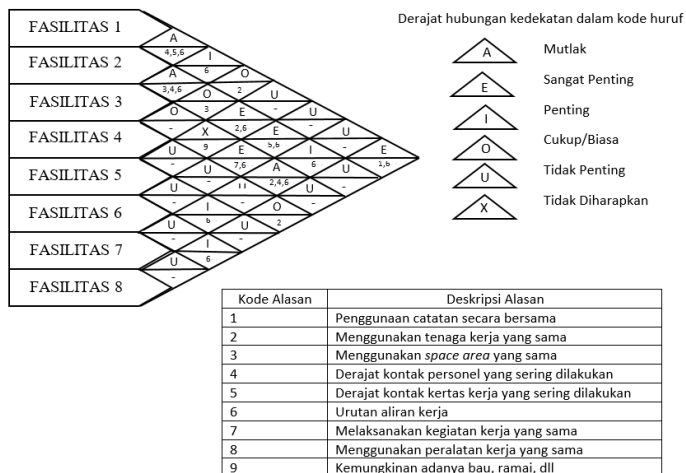
n = jumlah fasilitas total

S_{mi} = tingkat keamanan dan keselamatan antara fasilitas m dan i .

f_{mi} = frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas m dan i (kali per hari)

2.2.6 Konsep Activity Relationship Chart (ARC)

Aliran aktifitas bisa diukur secara kualitatif dengan menggunakan tolak ukur derajat kedekatan hubungan antara satu fasilitas dengan fasilitas yang lain (Ariyani, 2012). Nilai-nilai yang menunjukkan derajat hubungan dicatat sekaligus dengan alasan-alasan yang mendasarinya dalam sebuah peta hubungan aktifitas (*Activity Relationship Chart*). Contoh *Activity Relationship Chart* (ARC) dapat dilihat pada Gambar 2.2 Berikut:



Gambar 2.2 Contoh Activity Relationship Chart (ARC)

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pada gambar 2.2 di

atas, dapat diketahui derajat hubungan antar fasilitas pada suatu proyek. Kode huruf seperti A,E,I,O,U dan X menunjukkan bagaimana aktifitas dari masing-masing fasilitas akan memiliki

hubungan secara langsung atau erat satu sama lain (Ariyani, 2012). Kode-kode huruf ini akan diletakkan pada bagian atas dari kotak yang tersedia dan pemberian warna yang khusus juga diberikan untuk mempermudah analisis.

Selanjutnya kode angka 1,2,3 dan seterusnya yang diletakkan pada bagian bawah kotak yang ada, merupakan penjelasan alasan pemilihan derajat hubungan antara masing-masing fasilitas. Karena ARC adalah metode kualitatif, maka penentuan derajat kedekatan bersifat subjektif dan dilakukan dengan cara mewawancarai pihak kontraktor proyek.

Hasil dari ARC ini, nantinya akan digunakan sebagai pertimbangan dalam pemindahan tata letak fasilitas proyek. Namun, hasil ini harus diolah terlebih dahulu agar lebih mudah untuk dipaparkan.

2.3 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Judul	Latar Belakang		Konsep Teori/Hipotesis	Metodologi			Hasil Penelitian	Keterbatasan Penelitian
			Permasalahan	Tujuan		Desain Penelitian	Sampel	Nilai ilmiah/Temuan		
1	Dwiky Pranarka (2012)	Optimasi (<i>equal</i>) site layout menggunakan Multi-Objektif Function pada proyek A	Permasalahan letak fasilitas proyek yang kurang optimum, dapat menurunkan tingkat produktivitas pengerja	Menentukan letak fasilitas proyek yang optimum sehingga dapat meningkatkan produktivitas pengerja	Meminimalkan nilai <i>traveling distanced</i> antar fasilitas proyek dengan kondisi <i>equal site layout</i> , sehingga didapatkan	1. Mencari nilai <i>traveling distance</i> dan <i>safety index</i> antar fasilitas-fasilitas proyek. 2. Data yang diperoleh diolah dengan menggunakan metode <i>multi-objective function</i> , yang dimasukkan	<i>Site layout</i> proyek pembedaan Hotel A di daerah Surabaya.	Enam skenario pemindahan tata letak fasilitas proyek.	Skenario ke enam memiliki nilai <i>traveling distance</i> yang paling minimum yaitu 119.754,9 meter atau mengalami penurunan nilai sebesar 9.91% bila dibandingkan dengan kondisi aslinya. Sedangkan skenario ke empat memiliki nilai	Metode yang digunakan tidak dapat menghasilkan satu kesimpulan skenario memiliki <i>traveling distance</i> dan <i>safety</i>

No	Sumber	Judul	Latar Belakang		Konsep Teori/Hipotesis	Metodologi			Hasil Penelitian	Keterbatasan Penelitian
			Permasalahan	Tujuan		Desain Penelitian	Sampel	Nilai ilmiah/ Temuan		
			an proyek tersebut.	aan proyek.		hasil yang optimum.	ke dalam diagram <i>pareto optima</i> .			
2	Daniel Tri Effendi (2012)	Optimasi (Unequal) <i>Site Layout</i> Menggunakan Multi-Objective Function pada Proyek	Kurangnya perhatian para pelaksana proyek dalam membuat <i>site</i>	Menentukan letak fasilitas proyek yang optimum sehingga	Meminimalkan nilai traveling distancedan safety index antar fasilitas proyek dengan	1. Menentukan <i>dummy</i> dan <i>constraint</i> yang ada pada proyek. 2. Mencari nilai <i>traveling</i>	<i>Site layout proyek pembangunan Apartemen Puncak Kertaja</i>	Lima iterasi (skenario) pemindahan tata letak	Peptimalan pasca <i>Traveling Distance</i> (TD) menunjukkan bahwa nilai minimumnya adalah sebesar 5.51% (skenario5).	Metode yang digunakan tidak dapat menghasilkan satu kesimpulan

No	Sumber	Judul	Latar Belakang		Konsep Teori/Hipotesis	Metodologi			Hasil Penelitian	Keterbatasan Penelitian
			Permasalahan	Tujuan		Desain Penelitian	Sampel	Nilai ilmiah/Temuan		
		Pembangunan Apartemen Puncak Kertajaya Surabaya	<p><i>layout</i> optimum.</p> <p><i>Site layout</i> yang kurang optimum, dapat menaikkan biaya dan waktu pengerjaan proyek.</p>	a dapat meningkatkan produktivitas pengerjaan proyek.	kondisi equal site layout, sehingga didapatkan hasil yang optimum.	<p><i>distance</i> dan <i>safety index</i> antar fasilitas.</p> <p>3. Data yang diperoleh diolah dengan metode <i>multi-objective function</i>, yang kemudian dimasukkan kedalam diagram <i>pareto optima</i>.</p>	<p>ya, Surabaya.</p>	fasilitas proyek.	Pengoptimalan pada <i>Safety Index(SI)</i> menunjukkan bahwa nilai minimumnya adalah sebesar 3.115,1(kondisi awal atau skenario 0).	skenario memiliki traveling distance dan safety index terkecil.

No	Sumber	Judul	Latar Belakang		Konsep Teori/Hipotesis	Metodologi			Hasil Penelitian	Keterbatasan Penelitian
			Permasalahan	Tujuan		Desain Penelitian	Sampel	Nilai ilmiah/ Temuan		
3	Eko Pradana (2014)	Analisis Tata Letak Fasilitas Proyek Menggunakan <i>Activity Relationship Chart</i> pada Proyek Pembangunan Apartemen De Papilio Surabaya.	Kurangnya perhatian para pelaksana proyek dalam membuat site layout optimum.	Menentukan letak fasilitas proyek yang optimum sehingga dapat meningkatkan produktivitas pengerjaan proyek.	Meminimalkan nilai traveling distance dan safety index antar fasilitas proyek dengan kondisi equal site layout, sehingga didapatkan hasil yang optimum.	1. Mencari nilai traveling distance dan safety index antar fasilitas-fasilitas proyek. 2. Data yang diperoleh diolah dengan metode multi-objective function, yang dimasukkan ke dalam diagram pareto optima.	<i>Site Layout</i> Proyek Pembangunan Apartemen De Papilio, Surabaya.	Lima iterasi (skenario) pemindaian tata letak fasilitas proyek.	Didapatkan nilai TD paling minimum 5210,4 pada skenario 0 (kondisi eksisting). Sedangkan nilai SI paling minimum adalah 1315 pada skenario 1, atau mengalami penurunan sebesar 11.51% dari kondisi eksisting.	Metode yang digunakan tidak dapat menghasilkan kesimpulan satu skenario memiliki traveling distance dan safety index terkecil.

BAB III METODOLOGI

3.1 Konsep Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bentuk *site layout* yang paling optimum untuk proyek Apartemen Gunawangsa Tidar Surabaya. Lingkup objek yang diamati dalam penelitian ini adalah bagian Tower C dari proyek Apartemen Gunawangsa Tidar Surabaya dan waktu proyek saat penelitian berlangsung adalah sesi pelaksanaan. Langkah awal yang dilakukan yakni melakukan pengumpulan data dan identifikasi fasilitas untuk menentukan *temporary facility* nya. Setelah data yang akan diolah telah didapatkan dan *temporary facilities* telah teridentifikasi, kemudian dilakukan perhitungan jarak, frekuensi perjalanan pekerja, dan *safety index* antar fasilitas. Terakhir, dilakukan optimasi dengan cara membuat skenario pemindahan fasilitas dengan cara metode *Activity Relationship Chart* (ARC) sebagai kriterianya, lalu mencari nilai *traveling distance* (TD) dan *safety index* (SI) minimum dari skenario tersebut menggunakan diagram *pareto optima*.

3.2 Variabel Penelitian

Beberapa rincian pengelompokan indikator dan jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Topik	Variabel	Indikator	Metode/ Analisis	Data	Sumber Data
Analisis <i>equal site layout</i> .	Fungsi objektif <i>Traveling Distance</i> (TD).	Mendapatkan nilai <i>Traveling Distance</i> (TD) yang paling minimum.	<i>Multi-objectives function</i> dengan kriteria pemindahan fasilitas menggunakan	1. Gambar <i>site layout</i> eksisting. 2. Frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas.	1. Gambar CAD dari kontraktor proyek. 2. Survey pengamatan di lokasi proyek
	Fungsi	Mendapatkan			

Topik	Variabel	Indikator	Metode/ Analisis	Data	Sumber Data
Analisis <i>equal site layout</i>	objektif <i>Safety Index</i> <i>Index (SI)</i> .	nilai <i>Safety Index (SI)</i> yang paling minimum.	<i>Activity Relationship Chart (ARC)</i> kemudian dimasukkan ke dalam diagram <i>pareto optima</i>	3.Pembagian zona Kecelakaan kerja	selama satu minggu. 3. Wawancara dengan pihak kontraktor dan K3.

(Sumber: Hasil Pengolahan)

3.3 Langkah Penelitian

Langkah pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar 3.4.

3.3.1. Pengumpulan Data dan Identifikasi Fasilitas

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data dengan mendatangi pada PT. PP di lokasi pembangunan Apartemen Gunawangsa Tidar. Data yang dikumpulkan, yaitu gambar *site layout* dalam bentuk gambar CAD yang memuat informasi mengenai fasilitas-fasilitas yang digunakan dalam proyek tersebut.

Lalu dilakukan identifikasi di lapangan apakah sudah sesuai fasilitas yang ada dalam gambar dengan apa yang ada di lokasi proyek. Setelah itu dilakukan identifikasi jenis-jenis *site facilities* berdasarkan tabel pengelompokan fasilitas proyek konstruksi (tabel 2.1). Hal ini dilakukan untuk menentukan *temporary facilities* yang nantinya akan diubah-ubah tata letaknya.

3.3.2 Pengukuran Jarak Antar Fasilitas

Setelah proses pengumpulan data dan identifikasi, selanjutnya dilakukan proses pengukuran jarak antar *site facilities*. Pengukuran jarak dapat dilakukan dengan *software* jika data gambar *site layout* yang diperoleh dari kontraktor berdasarkan skala yang disesuaikan dengan kondisi eksisting lokasi proyek. Lalu jika gambar *site layout* yang didapat tidak berskala maka

perhitungan jarak dilakukan secara langsung di lokasi proyek. Dari hasil pengukuran jarak tersebut, disusun kedalam tabel jarak antar *site facilities* seperti pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Contoh Jarak Antar *Site Facilities* (meter)

Tujuan Asal	Tempat parkir	<i>Site office</i>	<i>Genset</i>	Area fabrikasi	<i>Stock yard</i>
Tempat parkir	0	12	35	100	115
<i>Site office</i>	12	0	42	70	80
<i>Genset</i>	35	42	0	75	60
Area Fabrikasi	100	70	75	0	25
<i>Stock yard</i>	115	80	60	25	0

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Dari tabel contoh 3.2 di atas, dapat dilihat bahwa terdapat lima jenis *site facilities* di lapangan beserta jarak (meter) antar *site facilities* tersebut. Sebagai contoh yaitu pada sel yang diblok merupakan jarak dari *stock yard* menuju area fabrikasi sebesar 36 meter.

3.3.3. Menghitung Frekuensi Perjalanan Pekerja

Setelah memperoleh data jarak antar fasilitas, kemudian dilakukan perhitungan frekuensi perjalanan pekerja dari satu fasilitas kefasilitas lain. Perhitungan dilakukan dengan cara pengamatan langsung di lokasi proyek selama satu minggu dan wawancara *project manager* proyek tersebut. Dalam waktu satu minggu, pengamatan fasilitas tidak dilakukan dengan mengamati semua fasilitas dalam satu hari penuh selama satu minggu, namun pengambilan data dilakukan dengan mengamati pekerja yang keluar maupun masuk terhadap dua sampai tiga fasilitas perharinya untuk menghindari error dalam pengambilan data. Hasil pengamatan, disusun ke dalam tabel frekuensi perjalanan pekerja antar *site facilities* seperti pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Contoh Frekuensi Perjalanan Pekerja (kali perhari)

Tujuan Asal	Tempat parkir	Site office	Genset	Area fabrikasi	Stock yard
Tempat parkir	0	90	5	130	4
Site office	90	0	1	5	2
Genset	1	0	0	1	1
Area Fabrikasi	120	5	0	0	100
Stock yard	5	2	0	95	0

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Angka-angka dari tabel contoh 3.3 di atas, menunjukkan jumlah perjalanan yang ditempuh antar *site facilities* perharinya. Contohnya, yaitu pada sel yang diblok merupakan frekuensi perjalanan pekerja dari stock yard menuju area fabrikasi sebesar seratus kali per harinya.

3.3.4. Mengidentifikasi Safety Index

Setelah selesai melakukan perhitungan frekuensi perjalanan pekerja, dilanjutkan dengan melakukan identifikasi *safety index*. Sebelum itu, harus diketahui dahulu hal apa saja yang dapat menimbulkan bahaya yang berada di lapangan, tingkat bahaya dan peluang terjadinya kecelakaan kerja di proyek tersebut. Hal ini dilakukan dengan pengamatan di lapangan secara langsung dan dengan wawancara terhadap pihak k3 officer. Dari hasil tersebut kemudian dibuat klasifikasi bedasar tingkat bahaya kecelakaan. Contoh klasifikasinya berdasar tingkat bahaaya kecelakaan. Contoh klasifikasinya dapat dilihat pada tabel 3.4 sebagai berikut:

Tabel 3.4 Contoh Klasifikasi Tingkat Bahaya Kecelakaan

Nilai Safety	Kriteria Kecelakaan
1	Masuk dalam radius tiang <i>crane</i> T3 saja.. (Melewati satu zona)

Nilai Safety	Kriteria Kecelakaan
2	Masuk dalam radius tiang <i>crane</i> T3 dan lengan <i>crane</i> T3. (Melewati dua zona)
3	Masuk dalam radius tiang <i>crane</i> T3, lengan <i>crane</i> T3 dan radius tiang <i>crane</i> T1. (Melewati tiga zona)

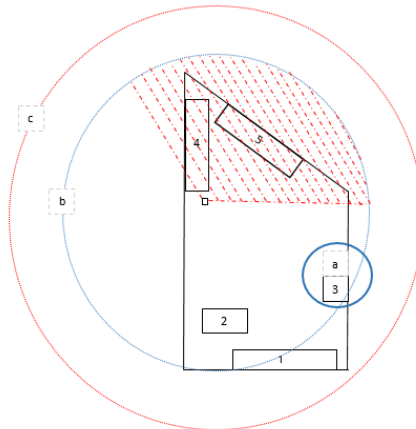
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Dapat dilihat pada tabel 3.4 diatas, bahwa semakin besar nilai safety maka semakin besar pula resiko kecelakaannya dan begitu pula sebaliknya.

Tabel 3.4 diatas juga menjelaskan pembagian zona-zona bahaya yang terdapat pada lokasi proyek. Zona bahaya ini adalah radius dimana tingkat terjadinya resiko kecelakaan sangat besar. Sebuah zona mewakili fasilitas dengan radius tingkat kecelakaan tinggi, contohnya zona tiang crane, zona lengan crane, dan zona *genset*. Contoh gambar pembagian zona-zona kecelakaan kerja yang ada di proyek, dapat dilihat pada gambar 3.1

Keterangan Gambar

- 1 = Tempat Parkir
- 2 = Site Office
- 3 = Genset
- 4 = Area Fabrikasi
- 5 = Stock Yard
- a = Zona Genset
- b = Zona Lengan Crane
- c = Zona Tiang Crane



Gambar 3.1 Contoh Pembagian Zona Kecelakaan Kerja
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Dari gambar 3.1 di atas dapat dilihat bahwa terdapat tiga pembagian zona kecelakaan kerja pada lokasi proyek, yaitu zona

genset (a), zona lengan *crane* (b), dan zona tiang *crane* (c). Zona *genset* (a) merupakan zona terkecil dengan kemungkinan kecelakaan dapat terjadi. Radiusnya didapat dari wawancara dengan pihak K3 *officer* dan *project manager*. Zona lengan *crane* (b) merupakan zona perputaran lengan *tower crane*, dengan radius perputarannya disesuaikan dengan panjang lengan *tower crane*. Bagian yang diarsir adalah area yang dilewati oleh perputaran lengan *tower crane*. Terakhir adalah zona tiang *crane* (c) yang merupakan zona dengan radius terbesar, karena disesuaikan dengan tinggi tiang *crane*. Resiko yang dapat terjadi pada zona ini adalah resiko kerobohan tertimpa *tower crane*.

Semakin banyak zona kecelakaan kerja yang dilewati, maka semakin besar pula resiko kecelakaannya. Resiko kecelakaan terbesar terjadi ketika melewati ketiga zona kecelakaan kerja tersebut.

Perhitungan *safety index*, dihitung menggunakan proporsi jarak, sehingga *safety index* antar fasilitas satu dengan yang lain akan berbesda. Contoh perhitungan *safety index* dengan menggunakan perbandingan proporsi jarak, dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut:

Tabel 3.5 Contoh Perhitungan *Safety Index* Menggunakan Proporsi Jarak

Dari		Menuju					
Genset		Stock Yard					
Jarak Real (Meter)	Lewat 1 Zona		Lewat 2 Zona		Lewat 3 Zona		Safety Index
	nilai safety	Total Perjalanan (meter)	nilai safety	Total Perjalanan (meter)	nilai safety	Total Perjalanan (meter)	
R	ia	a	ib	b	ic	c	$(a/R)*ia+(b/R)*ib+(c/R)*ic$
60	1	0	2	40	3	20	2.333

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Jarak *real* pada tabel 3.5 diatas, adalah jarak tempuh sesungguhnya di lapangan. Nilai *safety*, didapat dari hasil klasifikasi tingkat bahaya kecelakaan sesuai pada tabel 3.4 sebelumnya. Perjalanan darilitas genset menuju fasilitas *stock yard* selalu melewati dari satu zona, sehingga untuk kolom lewat satu zona nilai total perjalanan adalah nol. Pada tabel 3.5 di atas, didapatkan nilai *safety index* untuk perjalanan dari *genset* menuju *stockyard* adalah 2.36.

Setelah mendapatkan nilai *safety index* untuk masing-masing perjalanan antar fasilitas, kemudian hasilnya disusun ke dalam tabel *safety index* antar fasilitas, seperti pada tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Contoh *Safety Index* Antar Fasilitas

Asal \ Tujuan	Tempat Parkir	Site Office	Genset	Area Fabrikasi	Stock yard
tempat parkir	0	2	1.571	2	2
site office	2	0	1.951	2	2
Genset	1.571	1.951	0	2.267	2.333
area fabrikasi	2	2	2.267	0	2
stock yard	2	2	2.333	2	0

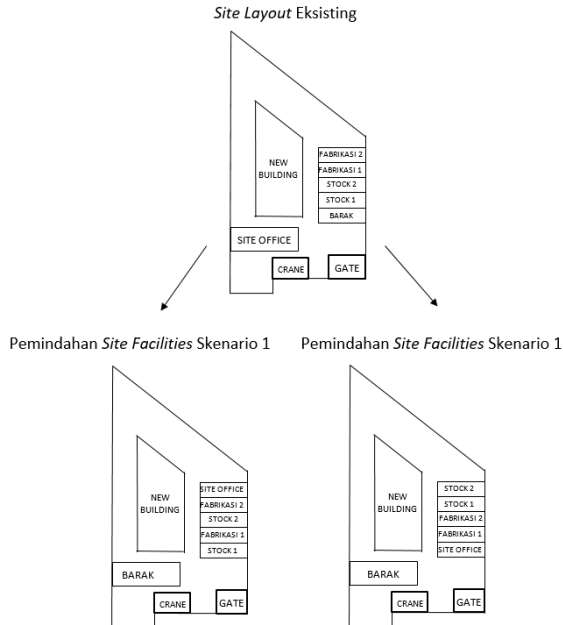
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Tabel 3.6 diatas menunjukkan angka-angka yang merupakan nilai *safety index* antar fasilitas. Contohnya yaitu pada sel yang di blok merupakan nilai *safety index* dari fasilitas stock yard menuju area fabrikasi sebesar 2.333.

3.3.5. Mengoptimasi *Site Layout*

Setelah data jarak, frekuensi perjalanan dan *safety index* antar fasilitas telah di dapat, langkah selanjutnya adalah pemindahan tata letak fasilitas proyek. Fasilitas –fasilitas proyek yang akan diubah tata letaknya, adalah temporary facilities yang telah diidentifikasi sebelumnya. Pemindahan ini dilakukan dengan pertimbangan dari hasil *Activity Relationship Chart* (ARC) yang telah dimodelkan dalam bentuk *Activity Realtionship Diagram*

(ARD). Pembahasan tentang ARC dan ARD dapat dilihat pada bab sebelumnya, yaitu pada subbab 2.2.6. Pemindahan fasilitas ini dilakukan sampai beberapa kali pemindahan. Contoh pemindahan tata letak fasilitasnya, dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Contoh Pemindahan *Site Facilities*
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Dari gambar 3.2 diatas, dapat dilihat bahwa *crane* dan *gate* merupakan *fixed facilities*, sehingga tidak dapat dipindah-pindah letaknya,. Sedangkan fasilitas lainnya, seperti gudang, kantor, fabrikasi dan barak adalah *temporary facilities* yang dapat dipindah pindah tata letaknya.

Setelah itu, dilakukan perhitungan traveling distance (TD) dan safety index (SI) untuk masing-masing skenario pemindahan.

Perhitungan TD, menggunakan rumus 2.1 sedangkan untuk perhitungan SI menggunakan rumus 2.2.

Tiap skenario akan dihitung jarak dan safety index antar fasilitasnya, yang kemudian akan dikalikan dengan frekuensi perjalanan pekerja. Hasilnya, akan disusun ke dalam sebuah tabel, dimana nilai TD maupun SI adalah jumlah total nilai yang ada di tabel. Contoh: Perhitungan SI, dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut:

Tabel 3.7 Contoh Perhitungan SI

Tujuan Asal	Tempat parkir	Site office	Genset	Area fabrikasi	Stock yard	Jumlah
Tempat parkir	0	180	7.855	260	8	455.855
Site office	180	0	1.951	10	4	195.951
Genset	1.571	0	0	2.267	2.33	6.171
Area Fabrikasi	240	10	0	0	200	650
Stock yard	10	4	0	190	0	204
					SI	1511.977

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Tabel 3.7 diatas merupakan hasil perkalian dari tabel 3.6 dengan tabel 3.3. Nilai SI adalah jumlah total dari keseluruhan nilai yang ada pada tabel di atas, yaitu sebesar 1511.977.

Perhitungan TD menggunakan metode yang serupa dengan perhitungan SI di atas. Perkalian antara jarak yang terdapat pada tabel 3.1 dengan frekuensi perjalanan pekerja pada tabel 3.3. Contoh perhitungan TD, dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut

Tabel 3.8 Contoh Perhitungan TD

Tujuan Asal	Tempat parkir	Site office	Genset	Area fabrikasi	Stock yard	Jumlah
Tempat parkir	0	1080	175	13000	460	14715
Site office	1080	0	42	350	160	1632

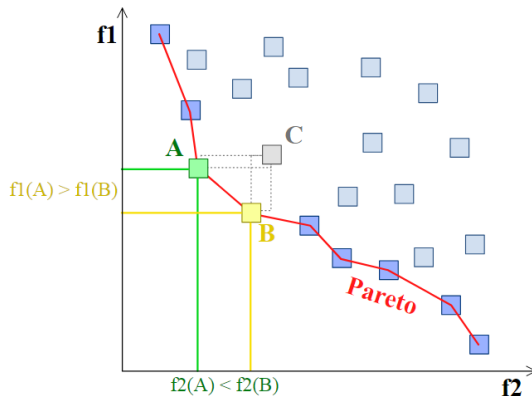
Tujuan Asal	Tempat parkir	Site office	Genset	Area fabrikasi	Stock yard	Jumlah
Genset	35	0	0	75	60	170
Area Fabrikasi	12000	350	0	0	2500	14850
Stock yard	575	160	0	2375	0	3110
					TD	34477

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Tabel 3.8 di atas, adalah hasil perkalian dari tabel 3.2 dengan tabel 3.3. Sama seperti nilai SI nilai TD juga merupakan jumlah total dari keseluruhan nilai yang ada pada tabel, yaitu sebesar 34477.

3.3.6. Penentuan Site Layout Optimum

Setelah mendapatkan nilai TD dan SI dari masing-masing skenario pemindahan tata letak fasilitas, langkah selanjutnya adalah menggambar diagram multi-objective function yang berupa Diagram Pareto Optima. Fungsi objektif yang dimasukkan ke dalam Diagram Pareto Optima adalah fungsi objektif TD dan SI. Contoh Diagram Pareto Optima, dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3 Contoh Diagram Pareto Optima

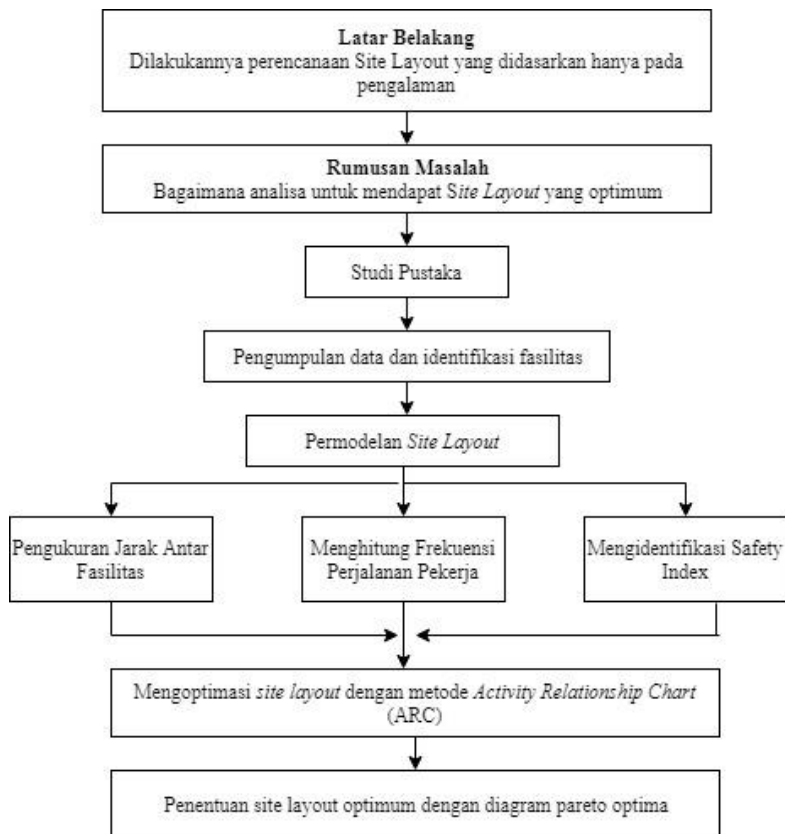
(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_efficiency)

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa sumbu f2 merupakan fungsi objektif *traveling distance* (TD) dan sumbu f1 merupakan fungsi objektif *safety index* (SI). Pada diagram tersebut nantinya dicari titik yang memiliki nilai paling minimum dari hubungan antara objektif TD dan SI. Titik ini dapat disebut sebagai fungsi objektif yang paling minimum.

Setelah didapat fungsi objektif yang paling minimum, kemudian dilakukan penggambaran ulang *site layout* sesuai dengan skenario yang memiliki fungsi objektif paling minimum tersebut. Hasil penggambaran ulang ini adalah bentuk *site layout* yang paling optimum.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian
(Sumber: Hasil Pengolahan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengumpulan Data dan Identifikasi Fasilitas

Pengumpulan data dilakukan pada proyek pembangunan Apartemen Gunawangsa Tidar, Surabaya. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data tata letak fasilitas, luas tiap fasilitas, jarak antar fasilitas, dan frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas-fasilitas tersebut. Pengumpulan data-data ini dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan, mencocokkan hasilnya dengan pengukuran pada gambar *site layout* dan wawancara dengan pihak kontraktor pada proyek tersebut.

Setelah semua data yang diperlukan berhasil didapatkan, selanjutnya dilakukan identifikasi fasilitas. Identifikasi fasilitas dilakukan untuk memilih fasilitas-fasilitas yang nantinya akan diubah-ubah atau dipindahkan letaknya. Pemilihan fasilitas ini dikelompokkan berdasarkan keterkaitan fasilitas-fasilitas tersebut secara langsung terhadap aktivitas fisik pembangunan di lapangan dan pengaruh langsungnya terhadap aliran bahan dan material.

Dalam pengerjaan proyek Apartemen Gunawangsa ini, kontraktor menggunakan banyak fasilitas dalam pengerjaannya. Fasilitas-fasilitas proyek yang termasuk fasilitas yang diperlukan dalam pengerjaan dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.1 List Fasilitas Proyek Keseluruhan

No.	Fasilitas	Keterangan	Luas (m²)
1	Pos Keamanan	Pos terluar yang berada di dekat pintu masuk utama	7.8
2	Kantor Pemasaran	Tempat pemasaran apartemen yang berada di lokasi proyek	54.2
3	Ruang Meeting	Ruang rapat progress mingguan	63
4	Gudang Material 1	Tempat penyimpanan peralatan ringan	85

No.	Fasilitas	Keterangan	Luas (m²)
5	Kantor Owner Gunawangsa	Ruang khusus untuk owner	44.6
6	Parkir Motor 1	Parkir sepeda motor staff kantor dan tamu	42.8
7	Parkir Motor 2	Parkir sepeda motor staff kantor dan tamu	26.2
8	Fabrikasi <i>Half Slab</i>	Lokasi dilaksanakannya pengerjaan half slab	88.3
9	Stock <i>Half Slab</i>	Lokasi ditempatkannya <i>Half Slab</i>	142.4
10	Stock Material Besi	Lokasi penimbunan material besi	56
11	Ruang P3K/SHE	Ruang untuk penyelamatan jika terjadi kecelakaan ringan	22
12	Gudang Material 2	Tempat penyimpanan peralatan ringan dan alat keamanan	40.5
13	Fabrikasi Besi	Area pengerjaan besi dengan <i>bar bending</i> dan <i>bar cutter</i>	62.1
14	Site Office 1	Kantor kontraktor utama	110
15	Site Office 2	Kantor kontraktor dan subkontraktor	48
16	Site Office 3	Kantor MK	37
17	Gudang Aluminium	Lokasi penimbunan aluminium	35.5
18	Fabrikasi Dinding Precast	Lokasi pengerjaan dinding precast	164.2
19	Stock Dinding Precast	Lokasi penimbunan dinding precast	74.3
20	Loading / Unloading 1	Area untuk menurunkan berat bahan dan material dari kendaraan angkut	32.8
21	Loading / Unloading 2	Area untuk menurunkan berat bahan dan material dari kendaraan angkut	41.6

No.	Fasilitas	Keterangan	Luas (m ²)
22	Stock pasir dan batu agregat 1	Tempat penimbunan pasir dan batu agregat	38.7
23	Stock pasir dan batu agregat 2	Tempat penimbunan pasir dan batu agregat	22.6

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pada penelitian ini fokus pengerjaan adalah fasilitas proyek yang pengerjaannya lebih dikhususkan untuk gedung C proyek pembangunan Apartemen Gunawangsa Tidar Surabaya. Oleh karena itu perlu disortir fasilitas yang akan diperhitungkan dalam pengerjaan. Fasilitas-fasilitas ini nanti yang pada perhitungan selanjutnya akan diubah tata letaknya, sehingga dapat diperoleh *site layout* yang optimal. Fasilitas-fasilitas yang digunakan dalam proyek pembangunan Apartemen Gunawangsa adalah:

Tabel 4.2 List Fasilitas yang Digunakan

No.	Fasilitas	Keterangan	Luas (m ²)
1	Gudang Material 2	Tempat penyimpanan peralatan ringan dan alat keamanan	40.5
2	Fabrikasi <i>Half Slab</i>	Lokasi dilaksanakannya pengerjaan half slab	88.3
3	Stock <i>Half Slab</i>	Lokasi ditempatkannya <i>Half Slab</i>	142.4
4	Stock Material Besi	Lokasi penimbunan material besi	56
5	Fabrikasi Besi	Area pengerjaan besi dengan <i>bar bending</i> dan <i>bar cutter</i>	62.1
6	Fabrikasi Dinding Precast	Lokasi pengerjaan dinding precast	164.2
7	Stock Dinding Precast	Lokasi penimbunan dinding precast	74.3
8	Loading / Unloading 2	Area untuk menurunkan berat bahan dan material dari kendaraan angkut	31.6

No.	Fasilitas	Keterangan	Luas (m ²)
9	Stock Pasir dan Batu 1	Tempat penimbunan pasir dan batu agregat	38.7
10	Stock Pasir dan Batu 2	Tempat penimbunan pasir dan batu agregat	22.6

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pada perhitungan selanjutnya, hanya fasilitas tersebut (Tabel 4.2) yang akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan *site layout* yang optimal. Setelah itu, dari hasil pengamatan di lapangan dan pengukuran pada gambar *site layout*, didapatkan jarak antar fasilitas. Jarak yang diukur merupakan terdekat antara dua fasilitas yang ditinjau dan bisa dilalui oleh pekerja. Jarak antar fasilitas-fasilitas tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Jarak Antar Fasilitas (meter)

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	24.6	18.2	1.4	1	34.8	92.3	12.4	20.6	56
Fabrikasi Half Slab	24.6	0	16.1	13	27.3	41.5	108.6	31.5	38.7	2.4
Stock Half Slab	18.2	16.1	0	11.2	21.8	44.2	112.4	32.3	38	44.1
Stock Material Besi	1.4	13	11.2	0	11.4	35.7	95	13.2	22	41
Fabrikasi Besi	1	27.3	21.8	11.4	0	26.6	87.3	6.5	14.8	58.2
Fabrikasi Dinding Precast	34.8	41.5	44.2	35.7	26.6	0	58.5	13.8	5.5	78.6
Stock Dinding Precast	92.3	108.6	112.4	95	87.3	58.5	0	80.2	75.7	142
Loading / Unloading 2	12.4	31.5	32.3	13.2	6.5	13.8	80.2	0	8.2	47
Stock pasir dan batu 1	20.6	38.7	38	22	14.8	5.5	75.7	8.2	0	53.6
Stock pasir dan batu 2	56	2.4	44.1	41	58.2	78.6	142	47	53.6	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

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. Frekuensi perjalanan antar fasilitas, dapat dilihat pada tabel berikut:

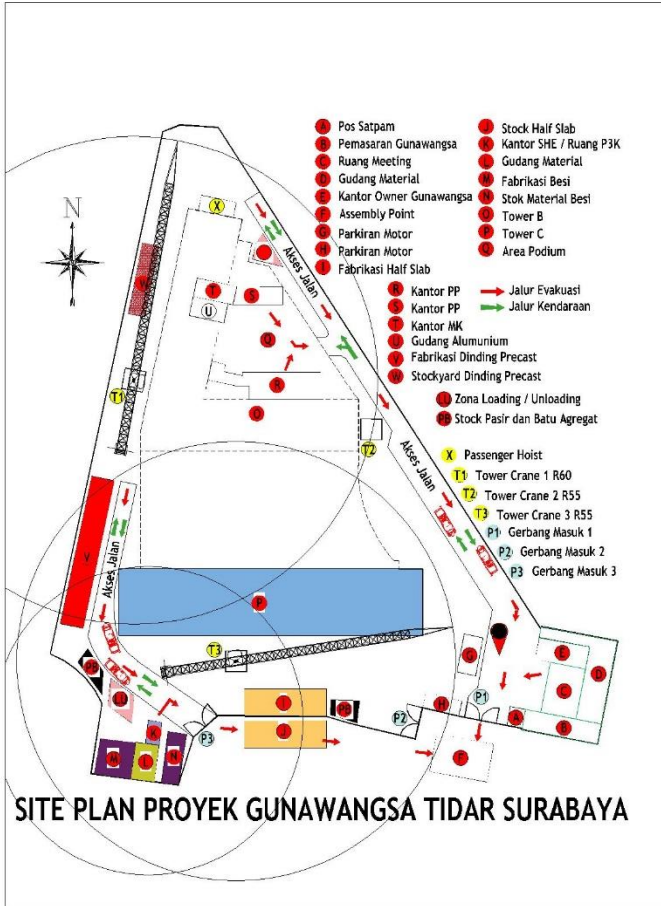
Fasilitas	Tujuan									
	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Stock Dinding Precast	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Loading / Unloading 2	15	0	0	6	0	0	0	0	14	8
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	8	0	14	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	16	2	0	0	0	0	8	0	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel Jarak Antar Fasilitas (Tabel 4.3) dan Tabel Frekuensi Perjalanan Pekerja (Tabel 4.4), nantinya akan menjadi data utama yang digunakan dalam perhitungan selanjutnya untuk menentukan *site layout* yang optimal.

4.2 Identifikasi *Safety Index*

Safety Index ditentukan dengan mengidentifikasi beberapa data terlebih dahulu. Data tersebut adalah pembagian zona kecelakaan kerja dan klasifikasi tingkat bahaya kecelakaan. Namun sebelumnya juga perlu dilakukan pengamatan hal-hal apa saja yang sekiranya dapat memberikan bahaya kecelakaan di lokasi proyek pembangunan tersebut. Gambar pembagian zona kecelakaan kerja pada lokasi proyek Apartemen Gunawangsa Tidar, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Pembagian Zona Kecelakaan Kerja
(Sumber: Survei Primer, 2018)

Gambar 4.1 diatas menunjukkan adanya tiga pembagian zona kecelakaan kerja, yaitu radius lengan *crane* JIB 50 m (zona merah), radius lengan *crane* JIB 60 m (zona biru) dan radius gardu listrik (zona hijau). Dari pembagian zona kecelakaan kerja ini, dapat ditentukan kriteria

kecelakaan dan nilai *safety*nya, yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Klasifikasi Tingkat Bahaya Kecelakaan

Nilai <i>Safety</i>	Kriteria Kecelakaan
1	Masuk dalam radius lengan <i>crane</i> JIB 60 m saja atau dalam radius lengan <i>crane</i> JIB 55 m saja.
2	Masuk dalam radius lengan <i>crane</i> JIB 55 m dan radius bahaya dari gudang material.
3	Masuk dalam radius lengan <i>crane</i> JIB 55 m, JIB 60 m dan radius bahaya dari gudang material.

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Tabel 4.5 diatas, menunjukkan klasifikasi tingkat bahaya kecelakaan sesuai dengan pembagian zona kecelakaan kerja pada *site layout* proyek. Nilai *safety* pada tabel diatas menunjukkan jika semakin besar nilainya, maka semakin besar pula kemungkinan resiko kecelakaan kerjanya.

Setelah mendapatkan gambar zona kecelakaan kerja dan mengetahui klasifikasi tingkat bahaya kecelakaannya, kemudian dilakukan perhitungan *safety index* menggunakan proporsi jarak terhadap zona kecelakaan kerja yang dilewati. Perhitungan *safety index* menggunakan proporsi jarak dan *safety indeks* antar fasilitas, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Perhitungan *Safety Index* Menggunakan Proporsi Jarak

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		<i>Safety Index</i>
			Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	
Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	24.6	1	0	2	24.6	3	0	2
	Stock Half Slab	18.2	1	0	2	18.2	3	0	2
	Stock Material Besi	1.4	1	0	2	1.4	3	0	2
	Fabrikasi Besi	1	1	0	2	1	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	34.8	1	0	2	34.8	3	0	2
	Stock Dinding Precast	92.3	1	0	2	92.3	3	0	2
	Loading/Unloading 2	12.4	1	0	2	12.4	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	20.6	1	0	2	20.6	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	56	1	36	2	20	3	0	1.3571
Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	16.1	1	0	2	16.1	3	0	2
	Stock Material Besi	13	1	0	2	13	3	0	2
	Fabrikasi Besi	27.3	1	0	2	27.3	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	41.5	1	0	2	41.5	3	0	2
	Stock Dinding Precast	108.6	1	0	2	108.6	3	0	2
	Loading/Unloading 2	31.5	1	0	2	31.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	38.7	1	0	2	38.7	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	2.4	1	2.4	2	0	3	0	1
	Stock Material Besi	11.2	1	0	2	11.2	3	0	2

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
Stock Half Slab	Fabrikasi Besi	21.8	1	0	2	21.8	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	44.2	1	0	2	44.2	3	0	2
	Stock Dinding Precast	112.4	1	0	2	112.4	3	0	2
	Loading/Unloading 2	32.3	1	0	2	32.3	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	38	1	0	2	38	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	44.1	1	44.1	2	0	3	0	1
Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	11.4	1	0	2	11.4	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	35.7	1	0	2	35.7	3	0	2
	Stock Dinding Precast	95	1	0	2	95	3	0	2
	Loading/Unloading 2	13.2	1	0	2	13.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	22	1	0	2	22	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	41	1	25.2	2	15.8	3	0	1.3853
Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	26.6	1	0	2	26.6	3	0	2
	Stock Dinding Precast	87.3	1	0	2	87.3	3	0	2
	Loading/Unloading 2	6.5	1	0	2	6.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	14.8	1	0	2	14.8	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	58.2	1	34.6	2	23.6	3	0	1.4055
	Stock Dinding Precast	58.5	1	58.5	2	0	3	0	1
	Loading/Unloading 2	13.8	1	0	2	13.8	3	0	2

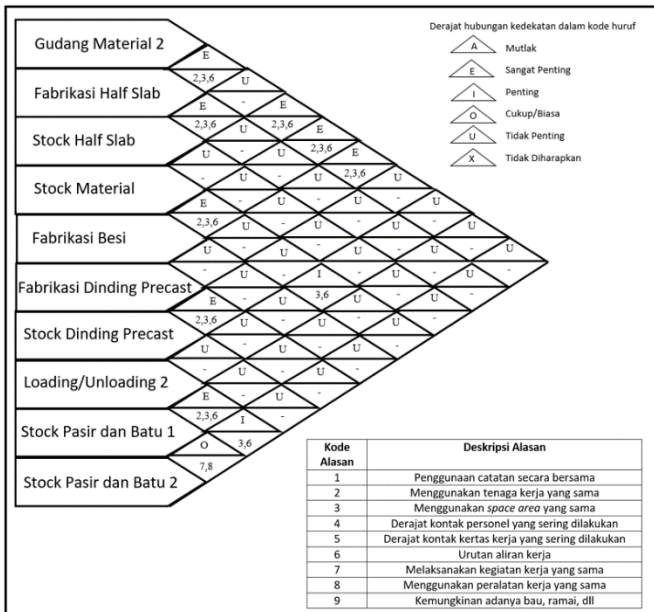
Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
Fabrikasi Dinding Precast	Stock Pasir dan Batu 1	5.5	1	0	2	5.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	78.6	1	46.5	2	32.1	3	0	
Stock Dinding Precast	Loading/Unloading 2	80.2	1	0	2	80.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	75.7	1	0	2	75.7	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	142	1	95.6	2	36.8	3	9.6	1.3943
Loading/Unloading 2	Stock Pasir dan Batu 1	8.2	1	0	2	8.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	47	1	24.9	2	22.1	3	0	1.4702
Stock Pasir dan Batu 1	Stock Pasir dan Batu 2	53.6	1	30.4	2	23.2	3	0	1.4329

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1.3571
Fabrikasi Half Slab	2	0	2	2	2	2	2	2	2	1
Stock Half Slab	2	2	0	2	2	2	2	2	2	1
Stock Material Besi	2	2	2	0	2	2	2	2	2	1.3853
Fabrikasi Besi	2	2	2	2	0	2	2	2	2	1.4055
Fabrikasi Dinding Precast	2	2	2	2	2	0	1	2	2	1.4184
Stock Dinding Precast	2	2	2	2	2	1	0	2	2	1.3943
Loading / Unloading 2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	1.4702
Stock pasir dan batu 1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1.4329
Stock pasir dan batu 2	1.3571	1	1	1.3853	1.4055	1.4184	1.3943	1.4702	53.6	0

Tabel 4.7 Safety Index Antar Fasilitas

4.3 Identifikasi Activity Relationship Chart (ARC)

Activity Relationship Chart (ARC), didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak kontraktor proyek dan pengamatan langsung di lapangan. Keterangan dan penjelasan yang lebih lengkap mengenai ARC, dapat dilihat pada subbab 2.2.6. Gambar ARC yang telah didapatkan, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Activity Relationship Chart (ARC)
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Nilai-nilai angka pada gambar ARC diatas, merupakan kode alasan pemilihan. Kode alasan ini digunakan untuk menjelaskan hubungan antar fasilitas, agar dapat ditentukan hubungan kedekatannya. Setiap kode alasan, memiliki deskripsi alasannya masing-masing. Penjelasan dan penjabaran yang lebih mendetail untuk masing-masing deskripsi alasan, adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan catatan yang sama. Contohnya yaitu, gambar kerja yang digunakan oleh pabrikasi tulangan dan pabrikasi besi adalah sama.
2. Menggunakan tenaga kerja yang sama. Pekerja pada pabrikasi besi mengambil besi yang belum dipotong dan menaruh besi yang telah dikerjakan ke stock besi, sehingga dapat dikatakan bahwa tenaga kerja pada stock besi sama dengan tenaga kerja pada pabrikasi besi.
3. Menggunakan space area yang sama (berdekatan), contohnya pada fasilitas pabrikasi besi dan fasilitas stock besi yang menggunakan space area yang saling berdekatan.
4. Derajat kontak personel sering dilakukan. Alasan ini dipilih apabila intensitas bertemunya tenaga kerja antara dua fasilitas sering dilakukan. Contohnya tenaga kerja pada proses perakitan tulangan (pabrikasi tulangan) dan staff gudang.
5. Derajat kontak kertas kerja sering dilakukan. Merupakan intensitas pergerakan kertas kerja (catatan, gambar kerja, dll) antara dua fasilitas yang sering dilakukan. Contohnya kontak kertas kerja dari fasilitas gudang ke fasilitas site office.
6. Urutan aliran kerja. Adanya hubungan langsung dan runtut dari fasilitas satu ke fasilitas lain yang berkaitan dengan aliran kerja, contohnya yaitu produksi precast dari pabrikasi precast ke stock precast.
7. Melaksanakan kegiatan kerja yang sama. Apabila antara dua fasilitas melakukan kegiatan kerja yang sejenis, contohnya yaitu pabrikasi precast 1 dan pabrikasi precast 2.
8. Menggunakan peralatan kerja yang sama. Apabila antara dua fasilitas menggunakan peralatan kerja yang sejenis, contohnya yaitu pabrikasi precast 1 dan pabrikasi precast 2.
9. Kemungkinan adanya bau, ramai, dll. Alasan ini dipilih

apabila antara dua fasilitas memiliki hubungan yang tidak boleh saling berdekatan dikarenakan adanya gangguan berupa bau, ramai dan hal-hal lain.

Setelah memberikan kode alasan untuk tiap-tiap hubungan fasilitas, kemudian dapat ditentukan hubungan kedekatannya. Hubungan kedekatan antar fasilitas, dilambangkan dalam kode huruf. Masing-masing kode huruf ini, memiliki tingkat prioritas hubungan kedekatan yang bervariasi dari mutlak hingga tidak diharapkan. Pemberian kode huruf untuk tiap hubungan fasilitas-fasilitas diatas, memiliki alasannya masing-masing yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Hubungan Kedekatan Antar Fasilitas

No	Kode Alasan	Kode Huruf	Hubungan Kedekatan	Keterangan
1	2,3,6	E	Sangat Penting	Contohnya pada Pabrikasi Besi (<i>bar bending</i> dan <i>bar cutter</i>) dan stock 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.
2	3,6	I	Penting	Contohnya pada fasilitas pabrikasi precast dan stock precast. Kedua fasilitas ini tidak menggunakan tenaga kerja yang sama, namun masih menggunakan space area yang berdekatan (1m – 2m) dan memiliki urutan aliran kerja secara langsung, sehingga hubungan antara kedua fasilitas ini adalah penting

No	Kode Alasan	Kode Huruf	Hubungan Kedekatan	Keterangan
3	7,8	O	Biasa	Hubungan jarak antara fasilitas Loading/Unloading 1 dengan Loading/Unloading 2 termasuk dalam kategori biasa, yang artinya tidak disarankan terlalu jauh, tetapi juga tidak perlu terlalu dekat (dalam <i>space area</i> yang sama atau ± 30 m). Kedua fasilitas tidak memiliki hubungan antara penggunaan tenaga kerja yang sama dan <i>space area</i> yang saling berdekatan, tetapi kedua fasilitas ini masih melaksanakan kegiatan kerja yang sama dan menggunakan peralatan kerja yang serupa.
4	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.

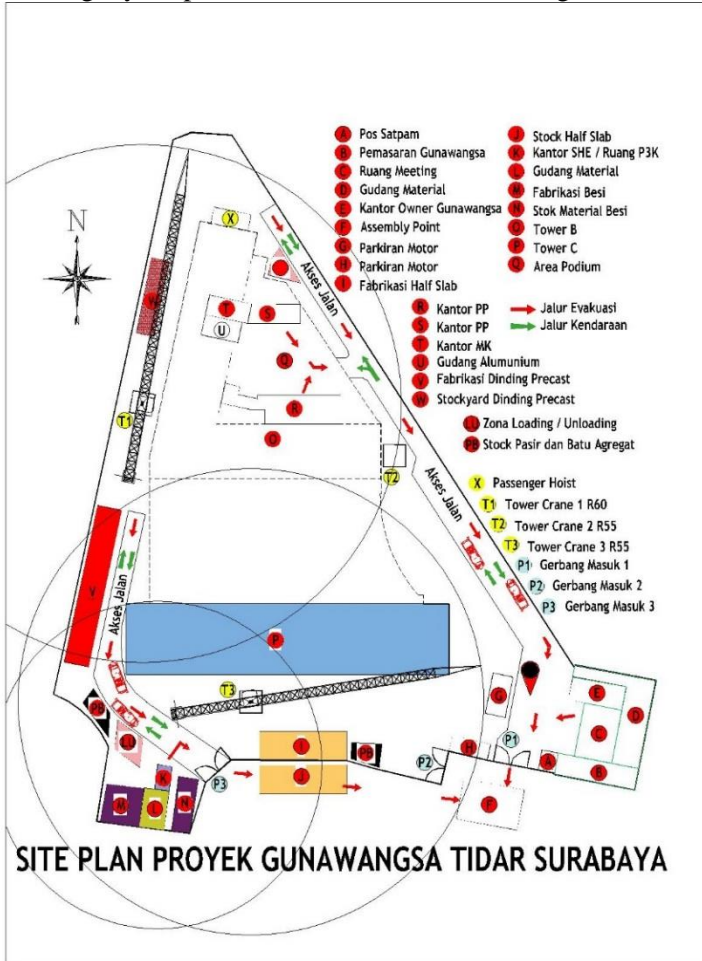
(Sumber: Hasil Pengolahan)

4.4 Perhitungan *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI)

Pada subbab ini, akan dilakukan perhitungan *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI) pada tiap skenario. Terdapat empat skenario pemindahan dan satu kondisi eksisting yang akan dilakukan perhitungan. Perhitungan untuk seluruh skenario tersebut, dapat dilihat pada subbab berikut:

4.4.1 Perhitungan pada Skenario 0 (Eksisting)

Skenario 0 adalah kondisi eksisting site layout, sehingga belum dilakukan pemindahan fasilitas. Gambar eksisting layout pada skenario 0 ini, adalah sebagai berikut



Gambar 4.3 Eksisting Site Layout (Skenario 0)

(Sumber: Hasil Survey, 2018)

Jarak antar fasilitas pada skenario ini dapat dilihat pada table 4.3, *safety index* antar fasilitas pada tabel 4.7 dan frekuensi pekerja antar fasilitas pada tabel 4.4. Selain itu, tabel perhitungan untuk mendapatkan *safety index* dengan menggunakan proporsi jarak pada skenario ini, dapat dilihat pada tabel 4.6. Setelah didapatkan jarak, *safety index* dan frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas, kemudian dilakukan perhitungan TD dan SI. Rumus dan keterangan lain mengenai perhitungan TD dan SI, dapat dilihat pada bab tinjauan pustaka subbab 2.2.4 untuk TD dan subbab 2.2.5 untuk SI. Perhitungan TD didapatkan dari hasil perkalian antara table jarak dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan TD untuk skenario ini, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.9 *Travel Distance* Kondisi Eksisting

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	295,2	72,8	8,4	26	69,6	0	186	0	0
Fabrikasi Half Slab	295,2	0	96,6	65	54,6	0	0	0	0	38,4
Stock Half Slab	54,6	96,6	0	0	0	0	224,8	0	0	88,2
Stock Material Besi	8,4	65	0	0	376,2	0	0	79,2	0	0
Fabrikasi Besi	26	54,6	0	376,2	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	69,6	0	0	0	0	0	0	0	44	0
Stock Dinding Precast	0	0	224,8	0	0	0	0	0	0	0
Loading / Unloading 2	186	0	0	79,2	0	0	0	0	114,8	376

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	44	0	114,8	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	38,4	88,2	0	0	0	0	376	0	0
									Jumlah	4413,4

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Sedangkan SI adalah hasil perkalian antara tabel *safety index* dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan SI untuk skenario 0, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.10 Safety Index Kondisi Eksisting

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	24	8	12	52	4	0	30	0	0
Fabrikasi Half Slab	24	0	12	10	4	0	0	0	0	16
Stock Half Slab	6	12	0	0	0	0	4	0	0	2
Stock Material Besi	12	10	0	0	66	0	0	12	0	0
Fabrikasi Besi	52	4	0	66	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	4	0	0	0	0	0	0	0	16	0
Stock Dinding Precast	0	0	2,959	0	0	0	0	0	0	0
Loading / Unloading 2	30	0	0	12	0	0	0	0	28	11,7616
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	16	0	28	0	0

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Stock pasir dan batu 2	0	16	2	0	0	0	0	11,7616	0	0
									Jumlah	620,4822

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan kedua tabel diatas, dapat diketahui nilai total untuk masing-masing *Travel Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI). Nilai total TD adalah 4413,4 dan nilai total SI adalah 620,4822. Nilai total TD dan SI pada skenario 0 ini, akan digunakan sebagai acuan dasar dalam menentukan persen kenaikan atau penurunan nilai TD dan SI pada skenario-skenario lain.

4.4.2 Perhitungan pada Skenario 1

Pada skenario 1, fasilitas yang dipindahkan tata letaknya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.11 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 1

Fasilitas	Kode Fasilitas	Fasilitas		Kode Fasilitas
Gudang Material 2	L	dengan	Fabrikasi Besi	M

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan pada skenario satu ini bertujuan untuk mendekatkan pabrikasi besi dengan gudang material 2, karena hubungannya yang sangat penting pada ARC. Luas pabrikasi besi adalah 62,1 m². Kemudian luas gudang material 2 adalah 40,5 m². Meskipun memiliki luasan yang berbeda, namun fasilitas-fasilitas tersebut masih memiliki *space* yang cukup jika dipindahkan satu sama lain. Gambar *site layout* untuk skenario satu, adalah sebagai berikut:

4.4.3 Perhitungan pada Skenario 1

Pada skenario 1, fasilitas yang dipindahkan tata letaknya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.11 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 1

Fasilitas	Kode Fasilitas	Fasilitas		Kode Fasilitas
Gudang Material 2	L	dengan	Fabrikasi Besi	M

(Sumber: Hasil Pengolahan)

4.4.4 Perhitungan pada Skenario 1

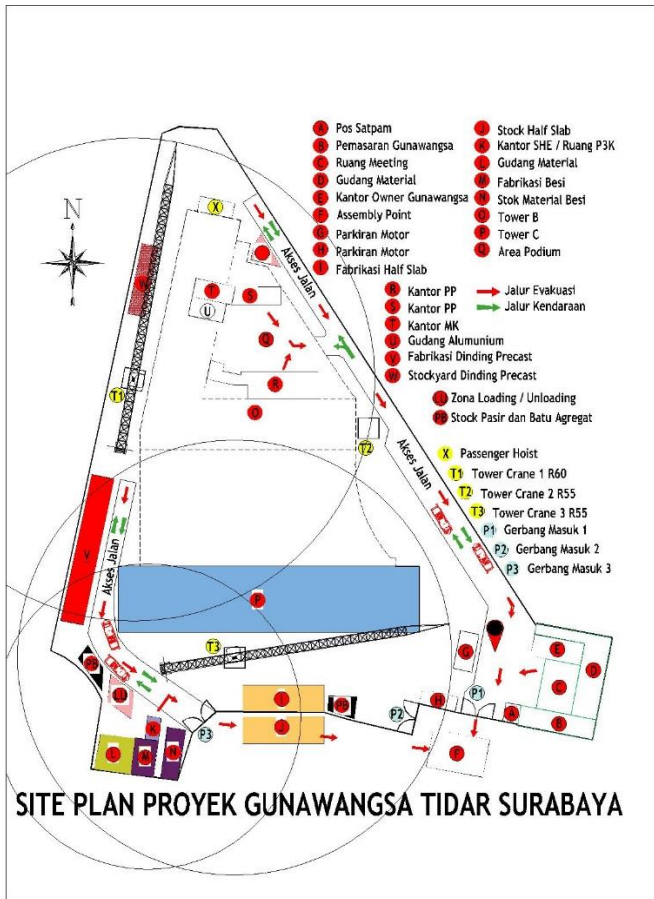
Pada skenario 1, fasilitas yang dipindahkan tata letaknya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.11 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 1

Fasilitas	Kode Fasilitas	Fasilitas		Kode Fasilitas
Gudang Material 2	L	dengan	Fabrikasi Besi	M

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan pada skenario satu ini bertujuan untuk mendekatkan pabrikasi besi dengan gudang material 2, karena hubungannya yang sangat penting pada ARC. Luas pabrikasi besi adalah 62,1 m². Kemudian luas gudang material 2 adalah 40,5 m². Meskipun memiliki luasan yang berbeda, namun fasilitas-fasilitas tersebut masih memiliki *space* yang cukup jika dipindahkan satu sama lain. Gambar *site layout* untuk skenario satu, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Site Layout Skenario 1
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan fasilitas menyebabkan jarak antar fasilitas menjadi berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan jarak antar fasilitas yang baru. Jarak antar fasilitas pada skenario ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.12 Jarak Antar Fasilitas Iterasi 1 (meter)

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	27,3	21,8	11,4	1	34,8	26,6	87,3	6,5	14,8
Fabrikasi Half Slab	27,3	0	16,1	13	24,6	41,5	108,6	31,5	38,7	2,4
Stock Half Slab	21,8	16,1	0	11,2	18,2	44,2	112,4	32,3	38	44,1
Stock Material Besi	11,4	13	11,2	0	1,4	35,7	95	13,2	22	41
Fabrikasi Besi	1	24,6	18,2	1,4	0	34,8	92,3	12,4	20,6	56
Fabrikasi Dinding Precast	26,6	41,5	44,2	35,7	34,8	0	58,5	13,8	5,5	78,6
Stock Dinding Precast	87,3	108,6	112,4	95	92,3	58,5	0	80,2	75,7	142
Loading / Unloading 2	6,5	31,5	32,3	13,2	12,4	13,8	80,2	0	8,2	47
Stock pasir dan batu 1	14,8	38,7	38	22	20,6	5,5	75,7	8,2	0	53,6

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Stock pasir dan batu 2	58,2	2,4	44,1	41	56	78,6	142	47	53,6	0

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan fasilitas juga menyebabkan *safety index* antar fasilitas menjadi berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan mulai dari perhitungan proporsi jarak terhadap *safety index* hingga mendapatkan nilai *safety index* yang baru. Tabel perhitungan untuk mendapatkan *safety index* dengan menggunakan proporsi jarak pada skenario 1, dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.13 Perhitungan *Safety Index* Menggunakan Proporsi Jarak Iterasi 1

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		<i>Safety Index</i>
			Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	
Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	27.3	1	0	2	27.3	3	0	2
	Stock Half Slab	21.8	1	0	2	21.8	3	0	2
	Stock Material Besi	11.4	1	0	2	11.4	3	0	2
	Fabrikasi Besi	1	1	0	2	1	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	26.6	1	0	2	26.6	3	0	2
	Stock Dinding Precast	87.3	1	58.5	2	28.8	3	0	1.33
	Loading/Unloading 2	6.5	1	0	2	6.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	14.8	1	0	2	14.8	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	58.2	1	34.6	2	23.6	3	0	1.4055
Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	16.1	1	0	2	16.1	3	0	2
	Stock Material Besi	13	1	0	2	13	3	0	2
	Fabrikasi Besi	24.6	1	0	2	24.6	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	41.5	1	0	2	41.5	3	0	2
	Stock Dinding Precast	108.6	1	58.5	2	50.1	3	0	1.4614

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
	Loading/Unloading 2	31.5	1	0	2	31.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	38.7	1	0	2	38.7	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	2.4	1	2.4	2	0	3	0	1
Stock Half Slab	Stock Material Besi	11.2	1	0	2	11.2	3	0	2
	Fabrikasi Besi	18.2	1	0	2	18.2	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	44.2	1	0	2	44.2	3	0	2
	Stock Dinding Precast	112.4	1	58.5	2	53.9	3	0	1.4795
	Loading/Unloading 2	32.3	1	0	2	32.3	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	38	1	0	2	38	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	44.1	1	44.1	2	0	3	0	1
Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	1.4	1	0	2	1.4	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	35.7	1	0	2	35.7	3	0	2
	Stock Dinding Precast	95	1	58.5	2	36.5	3	0	1.3842

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
	Loading/Unloading 2	13.2	1	0	2	13.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	22	1	0	2	22	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	41	1	25.2	2	15.8	3	0	1.3853
Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	34.8	1	0	2	34.8	3	0	2
	Stock Dinding Precast	92.3	1	58.5	2	33.8	3	0	1.3662
	Loading/Unloading 2	12.4	1	0	2	12.4	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	20.6	1	0	2	20.6	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	56	1	36	2	20	3	0	1.3571
Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	58.5	1	58.5	2	0	3	0	1
	Loading/Unloading 2	13.8	1	0	2	13.8	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	5.5	1	0	2	5.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	78.6	1	46.5	2	32.1	3	0	1.4184
Stock Dinding Precast	Loading/Unloading 2	80.2	1	58.5	2	21.7	3	0	1.2705
	Stock Pasir dan Batu 1	75.7	1	58.5	2	17.2	3	0	1.2272
	Stock Pasir dan Batu 2	142	1	95.6	2	36.8	3	9.6	1.3943
	Stock Pasir dan Batu 1	8.2	1	0	2	8.2	3	0	2

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
Loading/Unloading 2	Stock Pasir dan Batu 2	47	1	24.9	2	22.1	3	0	1.4702
Stock Pasir dan Batu 1	Stock Pasir dan Batu 2	53.6	1	30.4	2	23.2	3	0	1.4329

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Kemudian nilai pada kolom *safety index* untuk tabel diatas, dimasukkan kedalam tabel *safety index* antar fasilitas seperti berikut:

Tabel 4.14 *Safety Index* antar Fasilitas Iterasi 1

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	2	2	2	2	2	1,33	2	2	1,4055
Fabrikasi Half Slab	2	0	2	2	2	2	1,4614	2	2	1
Stock Half Slab	2	2	0	2	2	2	1,4795	2	2	1
Stock Material Besi	2	2	2	0	2	2	1,3842	2	2	1,3853
Fabrikasi Besi	2	2	2	2	0	2	1,3662	2	2	1,3571
Fabrikasi Dinding Precast	2	2	2	2	2	0	1	2	2	1,4184
Stock Dinding Precast	1,33	1,4614	1,4795	1,3842	1,3662	1	0	1,2705	1,2272	1,3943

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Loading / Unloading 2	2	2	2	2	2	2	1,2705	0	2	1,4702
Stock pasir dan batu 1	2	2	2	2	2	2	1,2272	2	0	1,4329
Stock pasir dan batu 2	1,4055	1	1	1,3853	1,3571	1,4184	1,3943	1,4702	1,4329	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas tidak mengalami perubahan walaupun terjadi pemindahan fasilitas, sehingga dapat dikatakan frekuensi perjalanan pekerja adalah variabel tetap yang tidak akan berubah untuk semua skenario. Frekuensi perjalanan pekerja yang digunakan pada skenario ini, dapat dilihat pada table 4.4. Setelah didapatkan jarak, *safety index* dan frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas, kemudian dilakukan perhitungan TD dan SI. Rumus dan keterangan lain mengenai perhitungan TD dan SI, dapat dilihat pada subbab 2.2.4 untuk TD dan subbab 2.2.5 untuk SI. Perhitungan TD didapatkan dari hasil perkalian antara table jarak dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan TD untuk skenario ini, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.15 Travel Distance Iterasi 1

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	327,6	87,2	68,4	26	69,6	0	1309,5	0	0
Fabrikasi Half Slab	327,6	0	96,6	65	49,2	0	0	0	0	38,4
Stock Half Slab	65,4	96,6	0	0	0	0	224,8	0	0	88,2
Stock Material Besi	68,4	65	0	0	46,2	0	0	79,2	0	0
Fabrikasi Besi	26	49,2	0	46,2	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	53,2	0	0	0	0	0	0	0	44	0
Stock Dinding Precast	0	0	224,8	0	0	0	0	0	0	0

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Loading / Unloading 2	97,5	0	0	79,2	0	0	0	0	114,8	376
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	44	0	114,8	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	38,4	88,2	0	0	0	0	376	0	0
									Jumlah	4971,2

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Sedangkan SI adalah hasil perkalian antara tabel *safety index* dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan SI untuk skenario 1, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.16 Safety Index Iterasi 1

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	24	8	12	52	4	0	30	0	0
Fabrikasi Half Slab	24	0	12	10	4	0	0	0	0	16
Stock Half Slab	6	12	0	0	0	0	2,959	0	0	2
Stock Material Besi	12	10	0	0	66	0	0	12	0	0
Fabrikasi Besi	52	4	0	66	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	4	0	0	0	0	0	0	0	16	0
Stock Dinding Precast	0	0	2,959	0	0	0	0	0	0	0

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Loading / Unloading 2	30	0	0	12	0	0	0	0	28	11,7616
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	16	0	28	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	16	2	0	0	0	0	11,7616	0	0
									Jumlah	619,4412

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan kedua tabel diatas, dapat diketahui nilai total untuk masing-masing TD dan SI. Nilai total TD adalah 4971,2 dan nilai total SI adalah 619,4412. Kemudian, kedua nilai total TD dan SI ini akan dibandingkan dengan nilai TD dan SI pada skenario 0 (eksisting) untuk diketahui persen perubahannya terhadap kondisi awal. Perbandingan nilai TD dan SI terhadap kondisi awal, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.17 Perbandingan Nilai TD dan SI Skenario 1 dengan Kondisi Eksisting

Skenario	<i>Traveling Distance</i>		<i>Safety Index</i>	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	4413.4	0	620.482	0
1	4971.2	-12.65 (naik)	619.4412	0.16 (turun)

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4.5 Perhitungan pada Skenario 2

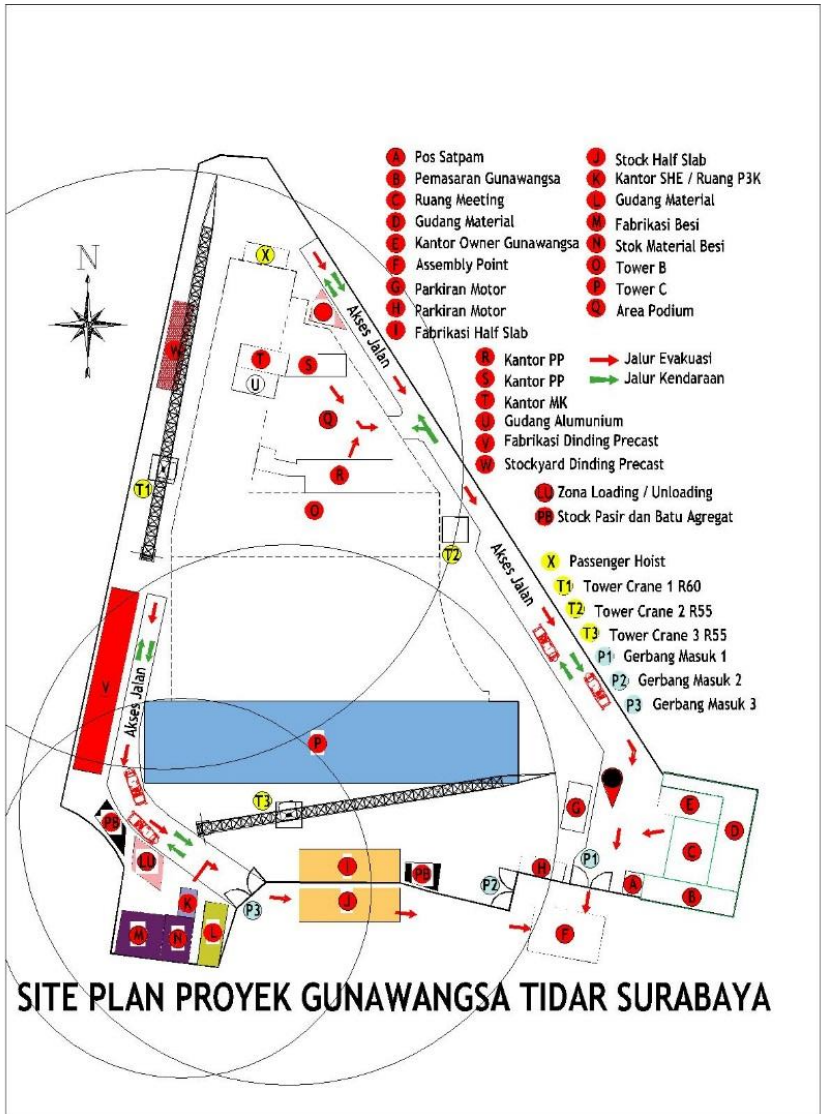
Pada skenario 2, fasilitas yang dipindahkan tata letaknya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.18 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 2

Fasilitas	Kode Fasilitas	Fasilitas		Kode Fasilitas
Gudang Material 2	L	dengan	Stock Material Besi	N

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan pada skenario satu ini bertujuan untuk mendekatkan stock material besi dengan gudang material 2, karena hubungannya yang sangat penting pada ARC. Luas stock material besi adalah 56 m²., Kemudian luas gudang material 2 adalah 40,5 m². Meskipun memiliki luasan yang berbeda, namun fasilitas-fasilitas tersebut masih memiliki *space* yang cukup jika dipindahkan satu sama lain. Gambar *site layout* untuk skenario dua, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5 Site Layout Skenario 2

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan fasilitas menyebabkan jarak antar fasilitas menjadi berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan jarak antar fasilitas yang baru. Jarak antar fasilitas pada skenario 2 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.19 Jarak Antar Fasilitas Iterasi 2 (meter)

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	13	11,2	1,4	11,4	35,7	95	13,2	22	41
Fabrikasi Half Slab	13	0	16,1	24,6	27,3	41,5	108,6	31,5	38,7	2,4
Stock Half Slab	11,2	16,1	0	18,2	21,8	44,2	112,4	32,3	38	44,1
Stock Material Besi	1,4	24,6	18,2	0	1	34,8	92,3	12,4	20,6	56
Fabrikasi Besi	11,4	27,3	21,8	1	0	26,6	87,3	6,5	14,8	58,2
Fabrikasi Dinding Precast	35,7	41,5	44,2	34,8	26,6	0	58,5	13,8	5,5	78,6
Stock Dinding Precast	95	108,6	112,4	92,3	87,3	58,5	0	80,2	75,7	142

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Loading / Unloading 2	13,2	31,5	32,3	12,4	6,5	13,8	80,2	0	8,2	47
Stock pasir dan batu 1	22	38,7	38	20,6	14,8	5,5	75,7	8,2	0	53,6
Stock pasir dan batu 2	41	2,4	44,1	56	58,2	78,6	142	47	53,6	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pemindahan fasilitas juga menyebabkan *safety index* antar fasilitas menjadi berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan mulai dari perhitungan proporsi jarak terhadap *safety index* hingga mendapatkan nilai *safety index* yang baru. Tabel perhitungan untuk mendapatkan *safety index* dengan menggunakan proporsi jarak pada skenario 2, dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.20 Perhitungan *Safety Index* Menggunakan Proporsi Jarak Iterasi 2

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		<i>Safety Index</i>
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	13	1	0	2	13	3	0	2
	Stock Half Slab	11.2	1	0	2	11.2	3	0	2
	Stock Material Besi	1.4	1	0	2	1.4	3	0	2
	Fabrikasi Besi	11.4	1	0	2	11.4	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	35.7	1	0	2	35.7	3	0	2
	Stock Dinding Precast	95	1	58.5	2	36.5	3	0	1.3842
	Loading/Unloading 2	13.2	1	0	2	13.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	22	1	0	2	22	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	41	1	25.2	2	15.8	3	0	1.3853
Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	16.1	1	0	2	16.1	3	0	2
	Stock Material Besi	18.2	1	0	2	18.2	3	0	2
	Fabrikasi Besi	27.3	1	0	2	27.3	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	41.5	1	0	2	41.5	3	0	2
	Stock Dinding Precast	108.6	1	58.5	2	50.1	3	0	1.4614
	Loading/Unloading 2	31.5	1	0	2	31.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	38.7	1	0	2	38.7	3	0	2

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
	Stock Pasir dan Batu 2	2.4	1	2.4	2	0	3	0	1
Stock Half Slab	Stock Material Besi	1.4	1	0	2	1.4	3	0	2
	Fabrikasi Besi	21.8	1	0	2	21.8	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	44.2	1	0	2	44.2	3	0	2
	Stock Dinding Precast	112.4	1	58.5	2	53.9	3	0	1.4795
	Loading/Unloading 2	32.3	1	0	2	32.3	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	38	1	0	2	38	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	44.1	1	44.1	2	0	3	0	1
Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	1	1	0	2	1	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	34.8	1	0	2	34.8	3	0	2
	Stock Dinding Precast	92.3	1	58.5	2	33.8	3	0	1.3662
	Loading/Unloading 2	12.4	1	0	2	12.4	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	20.6	1	0	2	20.6	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	56	1	36	2	20	3	0	1.3571
Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	26.6	1	0	2	26.6	3	0	2
	Stock Dinding Precast	87.3	1	58.5	2	28.8	3	0	1.33
	Loading/Unloading 2	6.5	1	0	2	6.5	3	0	2

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
	Stock Pasir dan Batu 1	14.8	1	0	2	14.8	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	58.2	1	34.6	2	23.6	3	0	1.4055
Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	58.5	1	58.5	2	0	3	0	1
	Loading/Unloading 2	13.8	1	0	2	13.8	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	5.5	1	0	2	5.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	78.6	1	46.5	2	32.1	3	0	1.4184
Stock Dinding Precast	Loading/Unloading 2	80.2	1	58.5	2	21.7	3	0	1.2705
	Stock Pasir dan Batu 1	75.7	1	58.5	2	17.2	3	0	1.2272
	Stock Pasir dan Batu 2	142	1	95.6	2	36.8	3	9.6	1.3943
Loading/Unloading 2	Stock Pasir dan Batu 1	8.2	1	0	2	8.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	47	1	24.9	2	22.1	3	0	1.4702
Stock Pasir dan Batu 1	Stock Pasir dan Batu 2	53.6	1	30.4	2	23.2	3	0	1.4329

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.21 *Safety Index* antar Fasilitas Iterasi 2

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	2	2	2	2	2	1,3842	2	2	1,3853
Fabrikasi Half Slab	2	0	2	2	2	2	1,4614	2	2	1
Stock Half Slab	2	2	0	2	2	2	1,4795	2	2	1
Stock Material Besi	2	2	2	0	2	2	1,3662	2	2	1,3571
Fabrikasi Besi	2	2	2	2	0	2	1,33	2	2	1,4055
Fabrikasi Dinding Precast	2	2	2	2	2	0	1	2	2	1,4184
Stock Dinding Precast	1,3842	1,4614	1,4795	1,3662	1,33	1	0	1,2705	1,2272	1,3943

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Loading / Unloading 2	2	2	2	2	2	2	1,2705	0	2	1,4702
Stock pasir dan batu 1	2	2	2	2	2	2	1,2272	2	0	1,4329
Stock pasir dan batu 2	1,3853	1	1	1,3571	1,4055	1,4184	1,3943	1,4702	1,4329	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas tidak mengalami perubahan walaupun terjadi pemindahan fasilitas, sehingga dapat dikatakan frekuensi perjalanan pekerja adalah variabel tetap yang tidak akan berubah untuk semua skenario. Frekuensi perjalanan pekerja yang digunakan pada skenario ini, dapat dilihat pada table 4.4.

Setelah didapatkan jarak, *safety index* dan frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas, kemudian dilakukan perhitungan TD dan SI. Perhitungan TD didapatkan dari hasil perkalian antara tabel jarak dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan TD untuk skenario 2, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.22 *Travel Distance* Iterasi 2

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	156	44,8	8,4	296,4	71,4	0	198	0	0
Fabrikasi Half Slab	156	0	96,6	123	54,6	0	0	0	0	38,4
Stock Half Slab	33,6	96,6	0	0	0	0	224,8	0	0	88,2
Stock Material Besi	8,4	123	0	0	33	0	0	74,4	0	0
Fabrikasi Besi	296,4	54,6	0	33	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	71,4	0	0	0	0	0	0	0	44	0
Stock Dinding Precast	0	0	224,8	0	0	0	0	0	0	0

Loading / Unloading 2	198	0	0	74,4	0	0	0	0	114,8	376
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	44	0	114,8	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	38,4	88,2	0	0	0	0	376	0	0
									Jumlah	4074,4

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.23 *Safety Index* Iterasi 2

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	24	8	12	52	4	0	30	0	0
Fabrikasi Half Slab	24	0	12	10	4	0	0	0	0	16
Stock Half Slab	6	12	0	0	0	0	2,959	0	0	2
Stock Material Besi	12	10	0	0	66	0	0	12	0	0
Fabrikasi Besi	52	4	0	66	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	4	0	0	0	0	0	0	0	16	0
Stock Dinding Precast	0	0	2,959	0	0	0	0	0	0	0

Loading / Unloading 2	30	0	0	12	0	0	0	0	28	11,7616
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	16	0	28	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	16	2	0	0	0	0	11,7616	0	0
									Jumlah	619,4412

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan kedua tabel diatas, dapat diketahui nilai total untuk masing-masing TD dan SI. Nilai total TD adalah 4074,4 dan nilai total SI adalah 619,4412. Kemudian, kedua nilai total TD dan SI ini akan dibandingkan dengan nilai TD dan SI pada skenario 0 (eksisting) untuk diketahui persen perubahannya terhadap kondisi awal. Perbandingan nilai TD dan SI terhadap kondisi awal, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.24 Perbandingan Nilai TD dan SI Skenario 2 dengan Kondisi Eksisting

Skenario	<i>Traveling Distance</i>		<i>Safety Index</i>	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	4413.4	0	620.482	0
2	4074.4	7.68 (turun)	619.4412	0.16 (turun)

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4.6 Perhitungan pada Skenario 3

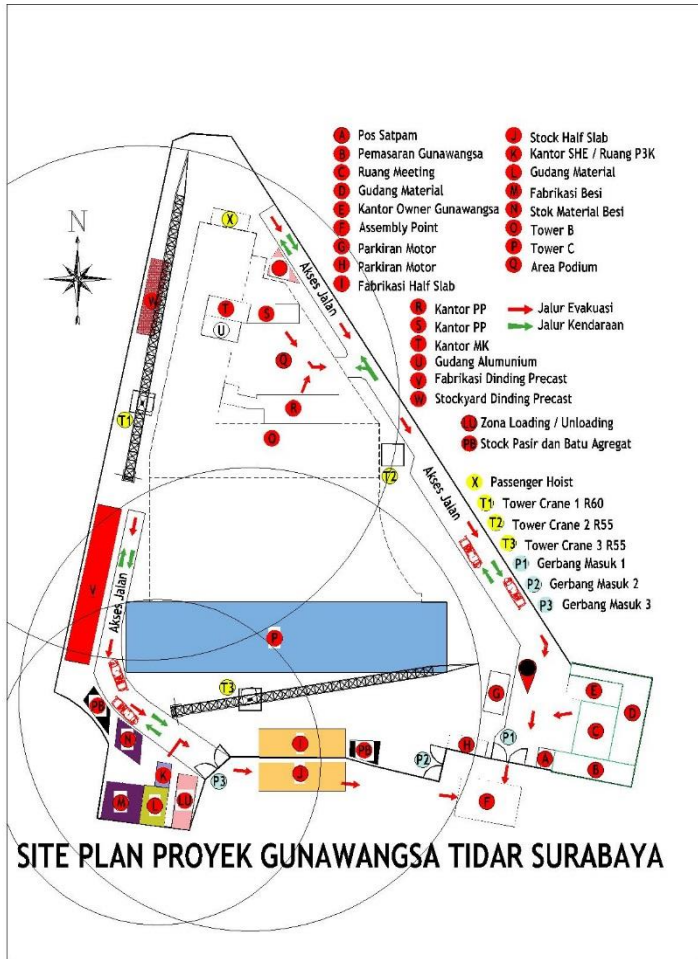
Pada skenario 3, fasilitas yang dipindahkan tata letaknya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.25 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 3

Fasilitas	Kode Fasilitas	Fasilitas	Kode Fasilitas
Stock Material Besi	N	dengan Loading/Unloading 2	LU

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan pada skenario tiga ini bertujuan untuk mendekatkan zona loading/unloading dengan stock material besi 2, karena hubungannya yang sangat penting pada ARC. Luas dari zona laoding/unloading 2 adalah 41,6 m². kemudian luas stock material besi adalah 56 m². Meskipun memiliki luasan yang berbeda, namun fasilitas-fasilitas tersebut masih memiliki *space* yang cukup jika dipindahkan satu sama lain. Gambar *site layout* untuk skenario tiga, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.6 Site Layout Skenario 3

(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan fasilitas menyebabkan jarak antar fasilitas menjadi berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan jarak antar fasilitas yang baru. Jarak antar fasilitas pada skenario tiga ialah sebagai berikut.

Tabel 4.26 Jarak Antar Fasilitas Iterasi 3 (meter)

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	24,6	18,2	12,4	1	34,8	92,3	1,4	20,6	56
Fabrikasi Half Slab	24,6	0	16,1	31,5	27,3	41,5	108,6	13	38,7	2,4
Stock Half Slab	18,2	16,1	0	32,3	21,8	44,2	112,4	11,2	38	44,1
Stock Material Besi	12,4	31,5	32,3	0	6,5	13,8	80,2	13,2	8,2	47
Fabrikasi Besi	1	27,3	21,8	6,5	0	26,6	87,3	11,4	14,8	58,2
Fabrikasi Dinding Precast	34,8	41,5	44,2	13,8	26,6	0	58,5	35,7	5,5	78,6
Stock Dinding Precast	92,3	108,6	112,4	80,2	87,3	58,5	0	95	75,7	142
Loading / Unloading 2	1,4	13	11,2	13,2	11,4	35,7	95	0	22	41
Stock pasir dan batu 1	20,6	38,7	38	8,2	14,8	5,5	75,7	22	0	53,6

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Stock pasir dan batu 2	56	2,4	44,1	47	58,2	78,6	142	41	53,6	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pemindahan fasilitas juga menyebabkan *safety index* antar fasilitas menjadi berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan mulai dari perhitungan proporsi jarak terhadap *safety index* hingga mendapatkan nilai *safety index* yang baru. Tabel perhitungan untuk mendapatkan *safety index* dengan menggunakan proporsi jarak pada skenario 3, dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.27 Perhitungan *Safety Index* Menggunakan Proporsi Jarak Iterasi 3

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		<i>Safety Index</i>
			Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	
Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	24.6	1	0	2	24.6	3	0	2
	Stock Half Slab	18.2	1	0	2	18.2	3	0	2
	Stock Material Besi	12.4	1	0	2	12.4	3	0	2
	Fabrikasi Besi	1	1	0	2	1	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	34.8	1	0	2	34.8	3	0	2
	Stock Dinding Precast	92.3	1	58.5	2	33.8	3	0	1.3662
	Loading/Unloading 2	1.4	1	0	2	1.4	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	20.6	1	0	2	20.6	3	0	2
Stock Pasir dan Batu 2	56	1	36	2	20	3	0	1.3571	
Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	16.1	1	0	2	16.1	3	0	2
	Stock Material Besi	31.5	1	0	2	31.5	3	0	2
	Fabrikasi Besi	27.3	1	0	2	27.3	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	41.5	1	0	2	41.5	3	0	2
	Stock Dinding Precast	108.6	1	58.5	2	50.1	3	0	1.4614
	Loading/Unloading 2	13	1	0	2	13	3	0	2

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
Asal	Stock Pasir dan Batu 1	38.7	1	0	2	38.7	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	2.4	1	2.4	2	0	3	0	1
	Stock Material Besi	32.3	1	0	2	32.3	3	0	2
Stock Half Slab	Fabrikasi Besi	21.8	1	0	2	21.8	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	44.2	1	0	2	44.2	3	0	2
	Stock Dinding Precast	112.4	1	58.5	2	53.9	3	0	1.4795
	Loading/Unloading 2	11.2	1	0	2	11.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	38	1	0	2	38	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	44.1	1	44.1	2	0	3	0	1
	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	6.5	1	0	2	6.5	3	0
Stock Material Besi	Fabrikasi Dinding Precast	13.8	1	0	2	13.8	3	0	2
	Stock Dinding Precast	80.2	1	58.5	2	21.7	3	0	1.2705
	Loading/Unloading 2	13.2	1	0	2	13.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	8.2	1	0	2	8.2	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	47	1	24.9	2	22.1	3	0	1.4702
	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	26.6	1	0	2	26.6	3	0
Fabrikasi Besi	Stock Dinding Precast	87.3	1	58.5	2	28.8	3	0	1.33

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
	Loading/Unloading 2	11.4	1	0	2	11.4	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	14.8	1	0	2	14.8	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	58.2	1	34.6	2	23.6	3	0	1.4055
Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	58.5	1	58.5	2	0	3	0	1
	Loading/Unloading 2	35.7	1	0	2	35.7	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	5.5	1	0	2	5.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	78.6	1	46.5	2	32.1	3	0	1.4184
Stock Dinding Precast	Loading/Unloading 2	95	1	58.5	2	36.5	3	0	1.3842
	Stock Pasir dan Batu 1	75.7	1	58.5	2	17.2	3	0	1.2272
	Stock Pasir dan Batu 2	142	1	95.6	2	36.8	3	9.6	1.3943
Loading/Unloading 2	Stock Pasir dan Batu 1	22	1	0	2	22	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 2	41	1	25.2	2	15.8	3	0	1.3853
Stock Pasir dan Batu 1	Stock Pasir dan Batu 2	53.6	1	30.4	2	23.2	3	0	1.4329

Tabel 4.28 *Safety Index* antar Fasilitas Iterasi 3

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	2	2	2	2	2	1,3662	2	2	1,3571
Fabrikasi Half Slab	2	0	2	2	2	2	1,4614	2	2	1
Stock Half Slab	2	2	0	2	2	2	1,4795	2	2	1
Stock Material Besi	2	2	2	0	2	2	1,2705	2	2	1,4702
Fabrikasi Besi	2	2	2	2	0	2	1,33	2	2	1,4055
Fabrikasi Dinding Precast	2	2	2	2	2	0	1	2	2	1,4184
Stock Dinding Precast	1,3662	1,4614	1,4795	1,2705	1,33	1	0	1,3842	1,2272	1,3943

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Loading / Unloading 2	2	2	2	2	2	2	1,3842	0	2	1,3853
Stock pasir dan batu 1	2	2	2	2	2	2	1,2272	2	0	1,4329
Stock pasir dan batu 2	1,3571	1	1	1,4702	1,4055	1,4184	1,3943	1,3853	1,4329	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah didapatkan jarak, *safety index* dan frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas, kemudian dilakukan perhitungan TD dan SI. Rumus dan keterangan lain mengenai perhitungan TD dan SI, dapat dilihat pada subbab 2.2.4 untuk TD dan subbab 2.2.5 untuk SI. Perhitungan TD didapatkan dari hasil perkalian antara table jarak dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan TD untuk skenario 3, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.29 Travel Distance Iterasi 3

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	295,2	72,8	74,4	26	69,6	0	21	0	0
Fabrikasi Half Slab	295,2	0	96,6	157,5	54,6	0	0	0	0	38,4
Stock Half Slab	54,6	96,6	0	0	0	0	224,8	0	0	88,2
Stock Material Besi	74,4	157,5	0	0	214,5	0	0	79,2	0	0
Fabrikasi Besi	26	54,6	0	214,5	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	69,6	0	0	0	0	0	0	0	44	0
Stock Dinding Precast	0	0	224,8	0	0	0	0	0	0	0

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Loading / Unloading 2	21	0	0	79,2	0	0	0	0	308	328
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	44	0	308	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	38,4	88,2	0	0	0	0	328	0	0
									Jumlah	4367,4

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Sedangkan SI adalah hasil perkalian antara tabel *safety index* dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan SI untuk skenario 3, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.30 *Safety Index* Iterasi 3

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	24	8	12	52	4	0	30	0	0
Fabrikasi Half Slab	24	0	12	10	4	0	0	0	0	16
Stock Half Slab	6	12	0	0	0	0	2,959	0	0	2
Stock Material Besi	12	10	0	0	66	0	0	12	0	0
Fabrikasi Besi	52	4	0	66	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	4	0	0	0	0	0	0	0	16	0
Stock Dinding Precast	0	0	2,959	0	0	0	0	0	0	0
Loading / Unloading 2	30	0	0	12	0	0	0	0	28	11,0824

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	16	0	28	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	16	2	0	0	0	0	11,0824	0	0
									Jumlah	618,0828

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan kedua tabel diatas, dapat diketahui nilai total untuk masing-masing TD dan SI. Nilai total TD adalah 4367,4 dan nilai total SI adalah 618,0828. Kemudian, kedua nilai total TD dan SI ini akan dibandingkan dengan nilai TD dan SI pada skenario 0 (eksisting) untuk diketahui persen perubahannya terhadap kondisi awal. Perbandingan nilai TD dan SI terhadap kondisi awal, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 31 Perbandingan Nilai TD dan SI Skenario 3 dengan Kondisi Eksisting

Skenario	<i>Traveling Distance</i>		<i>Safety Index</i>	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	4413.4	0	620.482	0
3	4367.4	1.04 (turun)	618.0828	0.39 (turun)

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4.7 Perhitungan pada Skenario 4

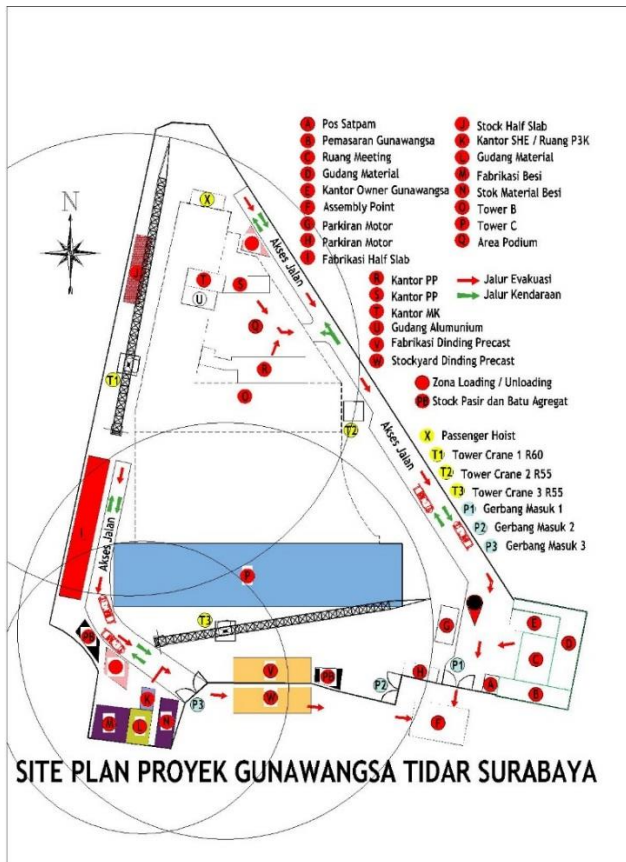
Pada skenario 1, fasilitas yang dipindahkan tata letaknya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.30 Pertukaran Tata Letak Fasilitas Skenario 4

No	Fasilitas	Kode Fasilitas		Fasilitas	Kode Fasilitas
1.	Fabrikasi Half Slab	I	dengan	Fabrikasi Dinding Precast	V
2.	Stock Half Slab	J		Stock Dinding Precast	W
3.	Stock Pasir dan Batu 1	PB 1		Stock Pasir dan Batu 2	PB 2

Pemindahan pada skenario empat bertujuan untuk memindahkan secara berpasangan fabrikasi half slab, stock half slab, stock pasir dan batu 1 dengan fabrikasi dinding precast, stock dinding precast, stock pasir dan batu 2, karena hubungannya yang sangat penting pada ARC. Luas fabrikasi half slab adalah 88,3 m², luas stock half slab adalah 142,4 m²,

luas stock pasir dan batu 1 adalah $38,7 \text{ m}^2$, luas fabrikasi dinding precast adalah $164,2 \text{ m}^2$, luas stock dinding precast adalah $74,3 \text{ m}^2$, luas stock pasir dan batu 2 adalah $22,6 \text{ m}^2$. Meskipun memiliki luasan yang berbeda, namun fasilitas-fasilitas tersebut masih memiliki *space* yang cukup jika dipindahkan satu sama lain. Gambar *site layout* untuk skenario satu, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Site Layout Skenario 4
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Pemindahan fasilitas menyebabkan jarak antar fasilitas menjadi berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan jarak antar fasilitas yang baru. Jarak antar fasilitas pada skenario 4 ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 33 Jarak Antar Fasilitas Iterasi 4 (meter)

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	34,8	92,3	1,4	1	24,6	18,2	12,4	56	20,6
Fabrikasi Half Slab	34,8	0	58,5	35,7	26,6	41,5	44,2	13,8	78,6	5,5
Stock Half Slab	92,3	58,5	0	95	87,3	108,6	112,4	80,2	142	75,7
Stock Material Besi	1,4	35,7	95	0	11,4	13	11,2	13,2	41	22
Fabrikasi Besi	1	26,6	87,3	11,4	0	27,3	21,8	6,5	58,2	14,8
Fabrikasi Dinding Precast	24,6	41,5	108,6	13	27,3	0	16,1	31,5	2,4	38,7
Stock Dinding Precast	18,2	44,2	112,4	11,2	21,8	16,1	0	32,3	44,1	38
Loading / Unloading 2	12,4	13,8	80,2	13,2	6,5	31,5	32,3	0	47	8,2
Stock pasir dan batu 1	56	78,6	142	41	58,2	2,4	44,1	47	0	53,6

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Stock pasir dan batu 2	20,6	5,5	75,7	22	14,8	38,7	38	8,2	53,6	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pemindahan fasilitas juga menyebabkan *safety index* antar fasilitas menjadi berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan mulai dari perhitungan proporsi jarak terhadap *safety index* hingga mendapatkan nilai *safety index* yang baru. Tabel perhitungan untuk mendapatkan *safety index* dengan menggunakan proporsi jarak pada skenario 4 ini, dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.34 Perhitungan *Safety Index* Menggunakan Proporsi Jarak Iterasi 4

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		<i>Safety Index</i>
			Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	Nilai <i>Safety</i>	Total Perjalanan (m)	
Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	34.8	1	0	2	34.8	3	0	2
	Stock Half Slab	92.3	1	58.5	2	33.8	3	0	1.3662
	Stock Material Besi	1.4	1	0	2	1.4	3	0	2
	Fabrikasi Besi	1	1	0	2	1	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	24.6	1	0	2	24.6	3	0	2
	Stock Dinding Precast	18.2	1	0	2	18.2	3	0	2
	Loading/Unloading 2	12.4	1	0	2	12.4	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	56	1	36	2	20	3	0	1.3571
	Stock Pasir dan Batu 2	20.6	1	0	2	20.6	3	0	2
Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	58.5	1	58.5	2	0	3	0	1
	Stock Material Besi	35.7	1	0	2	35.7	3	0	2
	Fabrikasi Besi	26.6	1	0	2	26.6	3	0	2
	Fabrikasi Dinding Precast	41.5	1	0	2	41.5	3	0	2
	Stock Dinding Precast	44.2	1	0	2	44.2	3	0	2
	Loading/Unloading 2	13.8	1	0	2	13.8	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	78.6	1	46.5	2	32.1	3	0	1.4184

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
	Stock Pasir dan Batu 2	5.5	1	0	2	5.5	3	0	2
Stock Half Slab	Stock Material Besi	95	1	58.5	2	36.5	3	0	1.3842
	Fabrikasi Besi	87.3	1	58.5	2	28.8	3	0	1,33
	Fabrikasi Dinding Precast	108.6	1	58.5	2	50.1	3	0	1.4614
	Stock Dinding Precast	112.4	1	58.5	2	53.9	3	0	1.4795
	Loading/Unloading 2	80,2	1	58.5	2	21.7	3	0	1.2705
	Stock Pasir dan Batu 1	142	1	95.6	2	36.8	3	9.6	1.3943
	Stock Pasir dan Batu 2	75.7	1	58.5	2	17.2	3	0	1.2272
	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	11.4	1	0	2	11.4	3	0
Fabrikasi Dinding Precast		13	1	0	2	13	3	0	2
Stock Dinding Precast		11.2	1	0	2	11.2	3	0	2
Loading/Unloading 2		13.2	1	0	2	13.2	3	0	2
Stock Pasir dan Batu 1		41	1	25.2	2	15.8	3	0	1.3853
Stock Pasir dan Batu 2		22	1	0	2	22	3	0	2
Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	27.3	1	0	2	27.3	3	0	2
	Stock Dinding Precast	21.8	1	0	2	21.8	3	0	2
	Loading/Unloading 2	6.5	1	0	2	6.5	3	0	2

Asal	Tujuan	Jarak Real (m)	Zona Bahaya 1		Zona Bahaya 2		Zona Bahaya 3		Safety Index
			Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	Nilai Safety	Total Perjalanan (m)	
	Stock Pasir dan Batu 1	58.2	1	34.6	2	23.6	3	0	1.4055
	Stock Pasir dan Batu 2	14.8	1	0	2	14.8	3	0	2
Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	16.1	1	0	2	16.1	3	0	2
	Loading/Unloading 2	31.5	1	0	2	31.5	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	2.4	1	2.4	2	0	3	0	1
	Stock Pasir dan Batu 2	38.7	1	0	2	38.7	3	0	2
Stock Dinding Precast	Loading/Unloading 2	32.3	1	0	2	32.3	3	0	2
	Stock Pasir dan Batu 1	44.1	1	44.1	2	0	3	0	1
	Stock Pasir dan Batu 2	38	1	0	2	38	3	0	2
Loading/Unloading 2	Stock Pasir dan Batu 1	47	1	24.9	2	22.1	3	0	1.4702
	Stock Pasir dan Batu 2	8.2	1	0	2	8.2	3	0	2
Stock Pasir dan Batu 1	Stock Pasir dan Batu 2	53.6	1	30.4	2	23.2	3	0	1.4329

Tabel 4.35 *Safety Index* antar Fasilitas Iterasi 4

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	2	1,3662	2	2	2	2	2	1,3571	2
Fabrikasi Half Slab	2	0	1	2	2	2	2	2	1,4184	2
Stock Half Slab	1,3662	1	0	1,3842	1,33	1,4614	1,4795	1,2705	1,3943	1,2272
Stock Material Besi	2	2	1,3842	0	2	2	2	2	1,3853	2
Fabrikasi Besi	2	2	1,33	2	0	2	2	2	1,4055	2
Fabrikasi Dinding Precast	2	2	1,4614	2	2	0	2	2	1	2
Stock Dinding Precast	2	2	1,4795	2	2	2	0	2	1	2

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Loading / Unloading 2	2	2	1,2705	2	2	2	2	0	1,4702	2
Stock pasir dan batu 1	1,3571	1,4184	1,3943	1,3853	1,4055	1	1	1,4702	1,4329	1,4329
Stock pasir dan batu 2	2	2	1,2272	2	2	2	2	2	1,4329	0

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah didapatkan jarak, *safety index* dan frekuensi perjalanan pekerja antar fasilitas, kemudian dilakukan perhitungan TD dan SI. Rumus dan keterangan lain mengenai perhitungan TD dan SI, dapat dilihat pada subbab 2.2.4 untuk TD dan subbab 2.2.5 untuk SI. Perhitungan TD didapatkan dari hasil perkalian antara table jarak dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan TD untuk skenario 4 ini, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.36 *Travel Distance* Iterasi 4

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	417,6	369,2	8,4	26	49,2	0	186	0	0
Fabrikasi Half Slab	417,6	0	351	178,5	53,2	0	0	0	0	88
Stock Half Slab	276,9	351	0	0	0	0	224,8	0	0	151,4
Stock Material Besi	8,4	178,5	0	0	376,2	0	0	79,2	0	0
Fabrikasi Besi	26	53,2	0	376,2	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	49,2	0	0	0	0	0	0	0	19,2	0
Stock Dinding Precast	0	0	224,8	0	0	0	0	0	0	0

Loading / Unloading 2	186	0	0	79,2	0	0	0	0	658	65,6
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	19,2	0	658	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	88	151,4	0	0	0	0	65,6	0	0
									Jumlah	6510,7

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Sedangkan SI adalah hasil perkalian antara tabel *safety index* dengan tabel frekuensi perjalanan pekerja. Hasil perhitungan SI untuk skenario 4 ini, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.37 Safety Index Iterasi 4

Fasilitas	Gudang Material 2	Fabrikasi Half Slab	Stock Half Slab	Stock Material Besi	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Dinding Precast	Stock Dinding Precast	Loading / Unloading 2	Stock pasir dan batu 1	Stock pasir dan batu 2
Gudang Material 2	0	24	5,4648	12	52	4	0	30	0	0
Fabrikasi Half Slab	24	0	6	10	4	0	0	0	0	32
Stock Half Slab	4,0986	6	0	0	0	0	2,959	0	0	2,4544
Stock Material Besi	12	10	0	0	66	0	0	12	0	0
Fabrikasi Besi	52	4	0	66	0	0	0	0	0	0
Fabrikasi Dinding Precast	4	0	0	0	0	0	0	0	8	0
Stock Dinding Precast	0	0	2,959	0	0	0	0	0	0	0

Loading / Unloading 2	30	0	0	12	0	0	0	0	20,5828	16
Stock pasir dan batu 1	0	0	0	0	0	8	0	20,5828	0	0
Stock pasir dan batu 2	0	32	2,4544	0	0	0	0	16	0	0
									Jumlah	613,5558

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan kedua tabel diatas, dapat diketahui nilai total untuk masing-masing TD dan SI. Nilai total TD adalah 6510,7 dan nilai total SI adalah 613,5558. Kemudian, kedua nilai total TD dan SI ini akan dibandingkan dengan nilai TD dan SI pada skenario 0 (eksisting) untuk diketahui persen perubahannya terhadap kondisi awal. Perbandingan nilai TD dan SI terhadap kondisi awal, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.38 Perbandingan Nilai TD dan SI Skenario 4 dengan Kondisi Eksisting

Skenario	Traveling Distance		Safety Index	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	4413.4	0	620.482	0
4	6510.7	-47.52 (naik)	613.5558	1.12 (turun)

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.5 Penentuan Site Layout Optimum

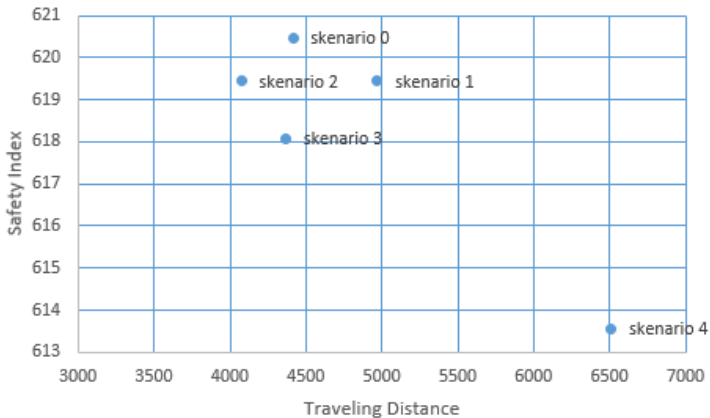
Penentuan *site layout* optimum, dilakukan dengan cara mencari skenario yang memiliki nilai TD atau SI terkecil. Masing-masing keempat skenario, telah menghasilkan nilai TD dan SI beserta persentase perubahannya bila dibandingkan dengan kondisi *eksisting*. Adapun perbandingan nilai TD dan SI untuk seluruh skenario, adalah sebagai berikut:

Tabel 4.39 Perbandingan Nilai TD dan SI dengan Kondisi Eksisting

Skenario	Traveling Distance		Safety Index	
	Nilai Total (m)	Perubahan (%)	Nilai Total	Perubahan (%)
0 (Eksisting)	4413.4	0	620.482	0
1	4971.2	-12.65 (naik)	619.4412	0.16 (turun)
2	4074.4	7.68 (turun)	619.4412	0.16 (turun)
3	4367.4	1.04 (turun)	618.0828	0.39 (turun)
4	6510.7	-47.52 (naik)	613.5558	1.12 (turun)

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Nilai-nilai TD dan SI untuk masing-masing skenario pada tabel diatas, kemudian dimasukkan kedalam diagram Pareto Optima. Hal ini dilakukan untuk mencari skenario yang memiliki nilai TD atau SI terkecil. Adapun diagram Pareto Optima tersebut, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Diagram Pareto Optima
(Sumber: Hasil Pengolahan)

Dari diagram diatas, terdapat dua skenario yang masing-masing memiliki nilai TD atau SI terkecil, dimana skenario 2 dengan nilai TD terkecil yaitu 4074.4 dan skenario 4 dengan nilai SI terkecil yaitu 613.558. 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 Gunawangsa Tidar, yaitu:

1. Kondisi optimum iterasi 2 apabila proyek mengutamakan nilai TD minimum.
2. Kondisi optimum iterasi 4 apa bila proyek mengutamakan nilai SI minimum.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil identifikasi empat skenario pemindahan fasilitas, didapatkan nilai TD (*Traveling Distance*) yang paling minimum adalah 4074.4 pada skenario 2, atau mengalami penurunan sebesar 7.68% dari kondisi eksisting. Sedangkan nilai SI (*Safety Index*) yang paling minimum adalah 613,5558 pada skenario 4, atau mengalami penurunan sebesar 1.12% dari kondisi eksisting.
2. 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 2. Sedangkan, jika memprioritaskan tingkat keselamatan (*Safety Index*), maka bentuk *site layout* optimum adalah skenario 4.

5.2. Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan *site layout* optimum pada studi ini maupun untuk studi-studi berikutnya, antara lain:

1. Variabel fungsi objektif hanya terbatas pada *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI). Perlu adanya fungsi objektif baru pada studi berikutnya.
2. Sangat disarankan penggunaan metode baru dalam penentuan *site layout* yang optimum. Hal ini karena penggunaan metode diagram *pareto optima*, hanya terbatas pada dua variabel fungsi saja.
3. Jumlah zona kecelakaan kerja dan *temporary facility*

(fasilitas sementara), perlu ditambahkan lagi agar hasil perhitungan TD dan SI lebih bervariasi.

4. Deskripsi alasan untuk kode alasan hubungan antar fasilitas pada ARC (*Activity Relationship Chart*), perlu lebih disesuaikan dengan kondisi proyek agar hasilnya lebih relevan.

5. Menggunakan program bantu (*software*) dalam menentukan *site layout* yang optimum agar dapat melakukan optimasi hingga terdapat jumlah skenario yang banyak, pada studi berikutnya.

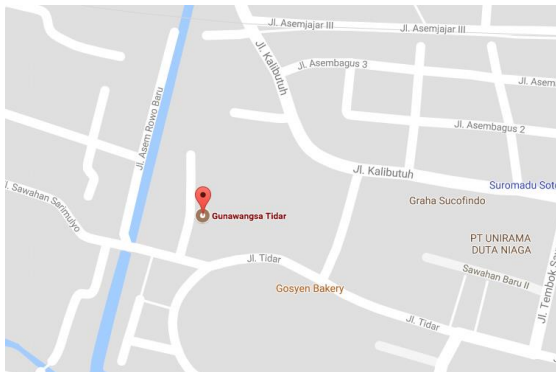
DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, E. 2012. **Usulan Rancangan Ulang Tata Letak Fasilitas dengan Metode Algoritma CORELAP untuk Meminimumkan Jarak Lintasan di Restoran Liana Sidoarjo**. Jurnal. Surabaya: Jurusan Teknik Industri UPN Veteran Jawa Timur.
- Djojowiriono, S. 2014. **Manajemen Konstruksi edisi IV** BP Teknik Sipil UGM
- Effendi, D.T. 2012. **Optimasi (unequal) Site Layout Menggunakan Multi-Objective Function Pada Proyek Pembangunan Apartemen Puncak Kertajaya**. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hegazy, T., & Ebeltagi, E., 1999. **Evosite: An evolution-based model for site layout planning**. ASCE Journal of Computing in Civil Engineering. 13(3), 198-206.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia online**, <URL:<http://kbbi.web.id/fasilitas>>
- Mahmudy, W.F., Rahman, M.A. 2011 **Optimasi fungsi Multi-Obyektif Berkendala Menggunakan Algoritma Genetika Adaptif Dengan Pengkodean REAL**. Jurnal. Malang: Program Studi Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- Pradana. 2014. **Analisa Tata Letak Fasilitas Proyek Menggunakan Activity Relationship Chart (ARC) dan Multi-Objective Function pada Proyek Pembangunan Apartemen de Papilio Surabaya**. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pranarka, D. 2012. **Optimasi (equal) Site Layout Menggunakan Multi-Objective Function Pada Proyek A**. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putra, A.A. 2006. **Efisiensi Tata Letak Fasilitas dan Sarana Proyek dalam Mendukung Metode Pekerjaan Konstruksi (Studi Kasus Proyek Jakarta City Centre, Sudirman Park, Sudirman Place)**. Jurnal. Semarang: Jurusan Teknik

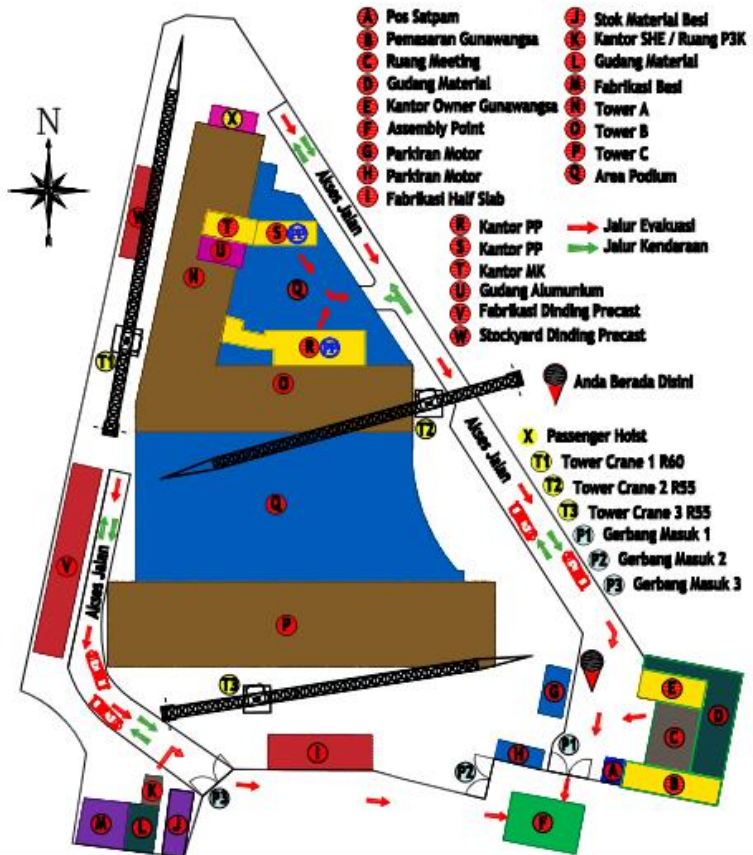
- Sipil Universitas Diponegoro.
- Tommelein, L.D., Levitt, R.E., & Hayes-Roth, B. 1992. **Sight Plan Model for Site Layout**. ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 118(4), 749-766.
- Wikipedia. 2017. **Produktivitas**, <URL:<http://id.wikipedia.org/wiki/produktivitas>>.
- Wikipedia. 2018. **Example of Pareto Frontier**, <https://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_efficiency>
- Yeh I.C. 1995. **Construction Site Layout Using Annealed Neural Network**. ASCE Journal of Computing in Civil Engineering. 9(3), 201-208.

Lampiran

Dalam lampiran ini dari gambar-gambar proyek yang menjadi objek penelitian dalam tugas akhir ini, mulai dari posisi proyek, kondisi proyek, dan detil proyek. Dibawah ini adalah gambar posisi Proyek Gunawangsa Tidar dalam Google maps dan Google Earth



Berikut adalah siteplan proyek beserta fasilitas pembantu yang ada



Berikut merupakan kondisi dan progress proyek kondisi terbaru

Progress Konstruksi Proyek



Progress Arsitektur Proyek



Berikut adalah gambar gedung konstruksi proyek dan gedung yang diteliti

Foto Gedung Keseluruhan Bulan Desember



Foto Gedung yang Dijadikan Objek Penelitian



BIODATA PENULIS



Mohammad Elfikri Komaruzzaman, dilahirkan di kota Surabaya pada tanggal 20 September 1992. Penulis memulai jenjang pendidikan di TK Kemala Bhayangkari II pada tahun 1996-1998, SDN Gambiranom Sleman pada tahun 1998-2003, SDN Perak Barat 1 Surabaya tahun ajaran 2003-2004 dan SMP Negeri 2 Surabaya pada tahun 2004-2007, SMA Negeri 7 Surabaya pada tahun 2007-2010, dan menempuh pendidikan sebagai mahasiswa bidang studi Manajemen Konstruksi, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui email elfikrikomaruzzaman@mail.com.