

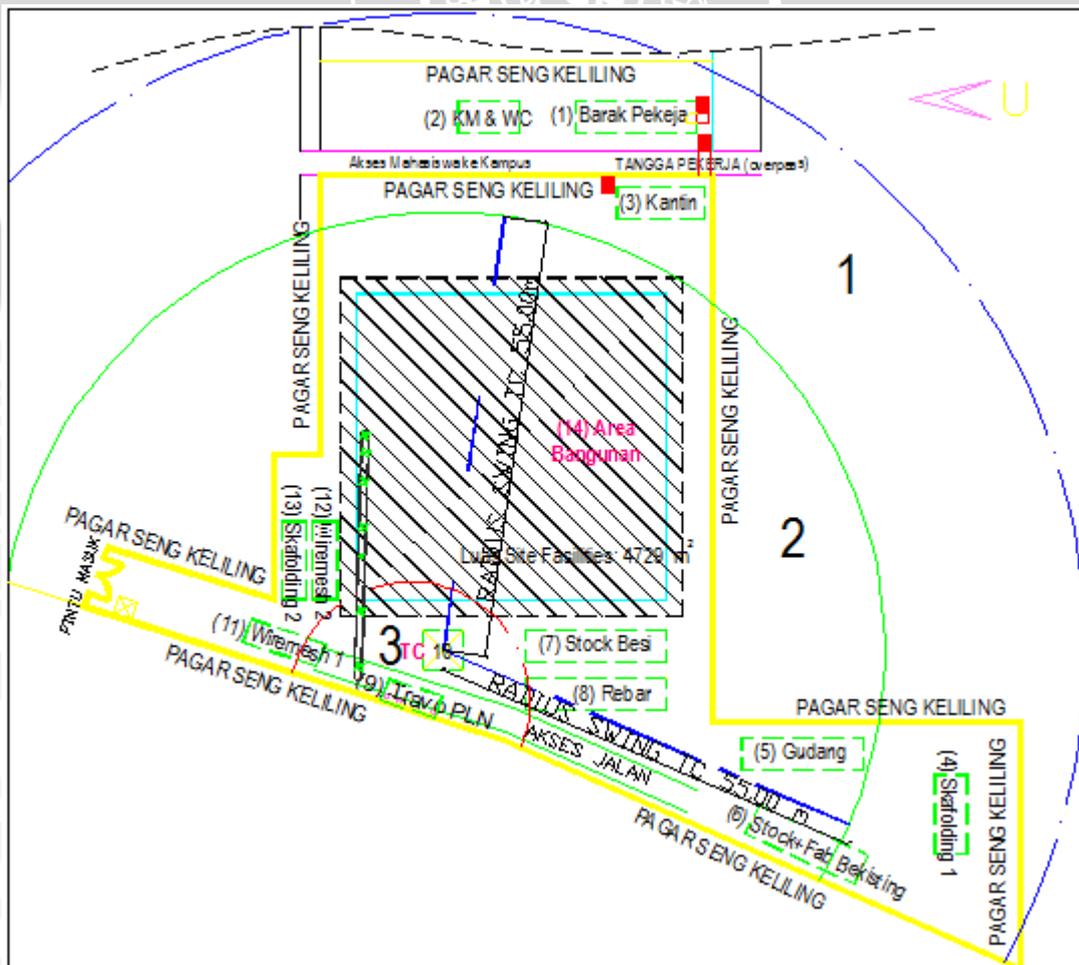
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Survei dan Pengumpulan Data

Survei lokasi proyek dilakukan pada proyek pembangunan gedung B PTIIK Universitas Brawijaya Malang. Survei dilakukan untuk memperoleh data tata letak fasilitas dan ukuran luas tiap-tiap fasilitas, jarak antar fasilitas, frekuensi perpindahan pekerja antar fasilitas, serta identifikasi *safety index*. Dari hasil survei yang dilakukan melalui proses pengamatan di lapangan dan hasil wawancara dengan *site manager* pada proyek tersebut, maka didapat data sebagai berikut:

#### 4.1.1 Data site layout proyek

Data *site layout* diperoleh dari kontraktor pelaksana PT. Waskita Karya yang berupa *file autocad*. Pada *site layout* tersebut ada 14 macam fasilitas yang tersedia di lapangan. Gambar *site layout* tiap fasilitas disajikan dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1 Site Layout



Dari gambar 4.1 terdapat 14 fasilitas yang berada dalam proyek. Untuk mempermudah dalam pembahasan selanjutnya, kemudian dibuat lokasi dan nomer fasilitas yang disajikan dalam tabel 4.1

Tabel 4.1 Keterangan Lokasi dan Nomer Tiap Fasilitas

| Lokasi | Nama Fasilitas                | Nomer Fasilitas |
|--------|-------------------------------|-----------------|
| A      | Barak Pekerja                 | (1)             |
| B      | KM dan WC                     | (2)             |
| C      | Kantin                        | (3)             |
| D      | Skafolding 1                  | (4)             |
| E      | Gudang                        | (5)             |
| F      | Stock dan Fabrikasi bekisting | (6)             |
| G      | Stock besi                    | (7)             |
| H      | Rebar                         | (8)             |
| I      | Travo PLN                     | (9)             |
| J      | <i>Tower Crane</i>            | (10)            |
| K      | Wiremesh 1                    | (11)            |
| L      | Wiremesh 2                    | (12)            |
| M      | Skafolding 2                  | (13)            |
| N      | Area Bangunan                 | (14)            |

Keterangan nomer tersebut selanjutnya akan digunakan pada pembahasan selanjutnya sebagai pengganti dari setiap nama jenis-jenis fasilitas. Sehingga dapat mempermudah hasil dan pembahasan tiap pemodelan skenario yang akan dilakukan.

#### 4.1.2 Luas masing-masing fasilitas

Jumlah fasilitas yang tersedia berjumlah 14 fasilitas yaitu barak, toilet, kantin, *stock* besi, rebar, gudang, *stock* bekisting, travo PLN, *wiremesh* 1, *wiremesh* 2, skafolding 1, skafolding 2, area bangunan dengan luas masing-masing fasilitas disajikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Luas Masing-masing Fasilitas (m<sup>2</sup>)

| Fasilitas | 1   | 2    | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14     |
|-----------|-----|------|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|--------|
| Luas      | 108 | 16.5 | 19 | 16 | 20 | 15 | 64 | 91 | 3 | 6  | 16 | 16 | 16 | 1814,8 |

Sumber : Hasil Pengukuran di Lapangan (2014)

#### 4.1.3 Jarak antar fasilitas

Jarak antar fasilitas, dari proses pengukuran di lapangan dan dari gambar auto cad *site layout* proyek yang diperoleh dari kontraktor pelaksana. Maka didapat jarak antar fasilitas yang disajikan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jarak Antar Fasilitas (m)

| Jarak | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1     | 0    | 7    | 10,7 | 115  | 91,2 | 97,6 | 75,6 | 81,6 | 108  | 104  | 122  | 129  | 130  | 46,93 |
| 2     | 7    | 0    | 29,1 | 138  | 121  | 116  | 93,9 | 99,9 | 126  | 125  | 140  | 147  | 148  | 65,25 |
| 3     | 10,7 | 29,1 | 0    | 109  | 91,9 | 86,8 | 64,9 | 70,9 | 97,2 | 95,7 | 111  | 118  | 119  | 36,2  |
| 4     | 115  | 138  | 109  | 0    | 17,4 | 14,1 | 51,1 | 45,1 | 80,4 | 78,8 | 94,3 | 101  | 102  | 51,1  |
| 5     | 91,2 | 121  | 91,9 | 17,4 | 0    | 6,94 | 34,4 | 28,4 | 60,7 | 59,2 | 74,6 | 81,6 | 82,4 | 34,42 |
| 6     | 97,6 | 116  | 86,8 | 14,1 | 6,94 | 0    | 29,3 | 23,3 | 55,6 | 54,1 | 69,5 | 76,5 | 77,3 | 29,36 |
| 7     | 75,6 | 93,9 | 64,9 | 51,1 | 34,4 | 29,3 | 0    | 2    | 20,2 | 19   | 34,4 | 41,4 | 42,2 | 5,68  |
| 8     | 81,6 | 99,9 | 70,9 | 45,1 | 28,4 | 23,3 | 2    | 0    | 19,6 | 24   | 39,4 | 46,4 | 47,2 | 7,68  |
| 9     | 108  | 126  | 97,2 | 80,4 | 60,7 | 55,6 | 20,2 | 19,6 | 0    | 4,1  | 9,1  | 16,1 | 16,9 | 38,8  |
| 10    | 104  | 125  | 95,7 | 78,8 | 59,2 | 54,1 | 19   | 24   | 4,1  | 0    | 15,4 | 22,4 | 23,2 | 38,5  |
| 11    | 122  | 140  | 111  | 94,3 | 74,6 | 69,5 | 34,4 | 39,4 | 9,1  | 15,4 | 0    | 7,01 | 7,78 | 54,23 |
| 12    | 129  | 147  | 118  | 101  | 81,6 | 76,5 | 41,4 | 46,4 | 16,1 | 22,4 | 7,01 | 0    | 2    | 61,22 |
| 13    | 130  | 148  | 119  | 102  | 82,4 | 77,3 | 42,2 | 47,2 | 16,9 | 23,2 | 7,78 | 2    | 0    | 62    |
| 14    | 46,9 | 65,3 | 36,2 | 51,1 | 34,4 | 29,4 | 5,68 | 7,68 | 38,8 | 38,5 | 54,2 | 61,2 | 62   | 0     |

Sumber : Hasil Pengukuran dilapangan dan AutoCAD (2014)

#### 4.1.4 Frekuensi perjalanan pekerja

Frekuensi antar fasilitas, diperoleh dari proses pengamatan di lapangan selama 1 minggu berdasarkan jumlah pekerja paling maksimal tiap minggu. Maka didapat data frekuensi perpindahan pekerja antar fasilitas yang disajikan dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4 Frekuensi Perjalanan Pekerja (kali/hari)

| Frekuensi | 1   | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14  |
|-----------|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|-----|
| 1         | 0   | 25 | 20 | 3  | 37  | 36  | 40  | 40  | 0 | 2  | 2  | 2  | 4  | 135 |
| 2         | 25  | 0  | 20 | 2  | 40  | 41  | 40  | 50  | 1 | 2  | 4  | 4  | 5  | 46  |
| 3         | 20  | 20 | 0  | 6  | 20  | 30  | 18  | 30  | 0 | 2  | 4  | 5  | 4  | 34  |
| 4         | 3   | 2  | 6  | 0  | 4   | 2   | 4   | 4   | 0 | 0  | 1  | 2  | 6  | 30  |
| 5         | 37  | 40 | 20 | 4  | 0   | 130 | 8   | 15  | 2 | 0  | 8  | 6  | 0  | 18  |
| 6         | 36  | 41 | 30 | 2  | 130 | 0   | 15  | 4   | 2 | 0  | 10 | 12 | 1  | 8   |
| 7         | 40  | 40 | 18 | 4  | 8   | 15  | 0   | 150 | 2 | 0  | 8  | 9  | 2  | 8   |
| 8         | 40  | 50 | 30 | 4  | 15  | 4   | 150 | 0   | 2 | 0  | 17 | 14 | 1  | 2   |
| 9         | 0   | 1  | 0  | 0  | 2   | 2   | 2   | 2   | 0 | 0  | 4  | 3  | 0  | 0   |
| 10        | 2   | 2  | 2  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0   |
| 11        | 2   | 4  | 4  | 1  | 8   | 10  | 8   | 17  | 4 | 1  | 0  | 3  | 4  | 4   |
| 12        | 2   | 4  | 5  | 2  | 6   | 12  | 9   | 14  | 3 | 1  | 3  | 0  | 2  | 5   |
| 13        | 4   | 5  | 4  | 6  | 0   | 1   | 2   | 1   | 0 | 0  | 4  | 2  | 0  | 12  |
| 14        | 135 | 46 | 34 | 30 | 18  | 8   | 8   | 2   | 0 | 0  | 4  | 5  | 12 | 0   |

Sumber : Hasil Pengamatan di Lapangan (2014)

#### 4.1.5 Angka safety index antar fasilitas

Nilai safety index berdasarkan hasil wawancara dengan K3 *officer* dan *site manager* di lapangan mengenai tingkat bahaya kecelakaan kerja pada seluruh zona proyek. Maka didapat 3 zona kecelakaan yang memungkinkan terjadi. Zona pertama adalah zona kejatuhan *tower crane* dengan radius sebesar 70 meter (sesuai dengan tinggi *tower crane*), zona kedua yakni radius perputaran lengan *tower crane* dengan radius sebesar 55 meter (sesuai dengan panjang lengan *tower crane*), zona ketiga yakni zona bahaya tersengat tegangan listrik atau ledakan dari travo PLN dengan radius sebesar 15 meter. Kemudian safety index tersebut dihitung dengan menggunakan rumus proporsi jarak (Eko Pradana, 2014) :

$$\left(\frac{a}{d} \times e\right) + \left(\frac{b}{d} \times e\right) + \left(\frac{c}{d} \times e\right) \quad (4.1)$$

dengan :

- a = Total perjarak ke zona 1 (m)
- b = Total perjarak ke zona 2 (m)
- c = Total perjarak ke zona 3 (m)
- d = Total jarak keseluruhan (m)
- e = Nilai safety perzona (1,2,3)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai *safety index* antar fasilitas :

- a) Fasilitas 1 ke fasilitas 2

$$1-2 = \frac{7}{7} \times 1 = 1 \quad (\text{melewati 1 zona})$$

- b) Fasilitas 1 ke fasilitas 3

$$1-3 = \frac{6,7}{6,7} \times 1 = 1 \quad (\text{melewati 1 zona})$$

- c) Fasilitas 1 ke fasilitas 4

$$1-4 = \left(\frac{36,94}{115,27} \times 1\right) + \left(\frac{78,33}{115,27} \times 2\right) = 1,68 \quad (\text{melewati 2 zona})$$

- d) Fasilitas 1 ke fasilitas 5

$$1-5 = \left(\frac{27,33}{91,16} \times 1\right) + \left(\frac{63,83}{91,16} \times 2\right) = 1,7 \quad (\text{melewati 2 zona})$$

- e) Fasilitas 1 ke fasilitas 10

$$1-10 = \left(\frac{27,33}{103,89} \times 1\right) + \left(\frac{63,83}{103,89} \times 2\right) + \left(\frac{7,73}{103,89} \times 3\right) = 1,81 \quad (\text{melewati 3 zona})$$

Maka setelah menghitung semua nilai *safety index* antar fasilitas didapat hasil perhitungan angka *safety index* yang disajikan dalam tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Safety Index* Antar Fasilitas

| <i>Safety Index</i> | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1                   | 0    | 1    | 1    | 1,68 | 1,7  | 1,72 | 1,64 | 1,67 | 1,86 | 1,81 | 2    | 2,12 | 2,01 | 1,42 |
| 2                   | 1    | 0    | 1    | 1,6  | 1,62 | 1,61 | 1,51 | 1,54 | 1,73 | 1,65 | 1,86 | 1,89 | 1,88 | 1,3  |
| 3                   | 1    | 1    | 0    | 1,76 | 1,82 | 1,81 | 1,74 | 1,77 | 1,95 | 1,85 | 2,08 | 2,11 | 2,1  | 1,54 |
| 4                   | 1,68 | 1,6  | 1,76 | 0    | 1,45 | 1,23 | 1,81 | 1,78 | 2,02 | 2    | 2,17 | 2,15 | 2,18 | 1,81 |
| 5                   | 1,7  | 1,62 | 1,82 | 1,45 | 0    | 1    | 1    | 1    | 1,19 | 1,17 | 1,34 | 1,37 | 1,38 | 1    |
| 6                   | 1,72 | 1,61 | 1,81 | 1,23 | 1    | 0    | 1    | 1    | 1,21 | 1,19 | 1,37 | 1,4  | 1,39 | 1    |
| 7                   | 1,64 | 1,51 | 1,74 | 1,81 | 1    | 1    | 0    | 1    | 1,57 | 1,54 | 1,74 | 1,72 | 1,68 | 1    |
| 8                   | 1,67 | 1,54 | 1,77 | 1,78 | 1    | 1    | 1    | 0    | 1,55 | 1,63 | 1,78 | 1,75 | 1,71 | 1    |
| 9                   | 1,86 | 1,73 | 1,95 | 2,02 | 1,19 | 1,21 | 1,57 | 1,55 | 0    | 1    | 1    | 1,83 | 1,72 | 1,29 |
| 10                  | 1,81 | 1,65 | 1,85 | 2    | 1,17 | 1,19 | 1,54 | 1,63 | 1    | 0    | 1    | 1,88 | 1,79 | 1,28 |
| 11                  | 2    | 1,86 | 2,08 | 2,17 | 1,34 | 1,37 | 1,74 | 1,78 | 1    | 1    | 0    | 1,62 | 1,39 | 1,48 |
| 12                  | 2,12 | 1,89 | 2,11 | 2,15 | 1,37 | 1,4  | 1,72 | 1,75 | 1,83 | 1,88 | 1,62 | 0    | 1    | 1,54 |
| 13                  | 2,01 | 1,88 | 2,1  | 2,18 | 1,38 | 1,39 | 1,68 | 1,71 | 1,72 | 1,79 | 1,39 | 1    | 0    | 1,55 |
| 14                  | 1,42 | 1,3  | 1,54 | 1,81 | 1    | 1    | 1    | 1    | 1,29 | 1,28 | 1,48 | 1,54 | 1,55 | 0    |

#### 4.2 Pemodelan Skenario Optimasi *Site Layout*

Setelah didapat data hasil survei, maka tahap selanjutnya melakukan pemodelan skenario dalam penelitian ini akan dilakukan sebanyak 7 skenario. Dimana pemindahan letak fasilitas adalah sebagai berikut:

##### a) Kondisi eksisting *site layout*

| Lokasi    | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J  | K  | L  | M  | N  |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| Fasilitas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

Pada kondisi eksisting fasilitas masih pada penempatan asli dan belum mengalami pemindahan fasilitas. Untuk gambar *site layout* dapat dilihat pada lampiran 9.

##### b) Skenario 1

| Lokasi    | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J  | K  | L  | M  | N  |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| Fasilitas | 1 | 2 | 5 | 4 | 3 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

Pada skenario pertama, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yakni gudang dan kantin. Fasilitas ini dapat dipindahkan satu sama lain karena memiliki luasan yang

hampir sama yakni 19 m<sup>2</sup> dan 20 m<sup>2</sup>. Untuk gambar *site layout* skenario 1 dapat dilihat pada lampiran 10.

c) Skenario 2

| Lokasi    | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J  | K  | L  | M  | N  |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| Fasilitas | 1 | 2 | 3 | 7 | 5 | 8 | 4 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

Pada skenario kedua, terdapat 4 fasilitas yang dipindahkan yaitu *rebar*, *stock* besi, skafolding 1 dan *stock* bekisting. Fasilitas ini dapat tidak memiliki luasan yang sama namun dapat saling dipindahkan karena ketersediaan lahan dalam proyek masih memenuhi. Untuk gambar *site layout* skenario 2 dapat dilihat pada lampiran 11.

d) Skenario 3

| Lokasi    | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J  | K  | L  | M  | N  |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| Fasilitas | 1 | 2 | 5 | 7 | 3 | 8 | 4 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

Pada skenario ketiga, terdapat 6 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu kantin, gudang, *rebar*, *stock* besi, skafolding 1 dan *stock* bekisting. Skenario ini merupakan gabungan perpindahan dari skenario 1 dan skenario 2. Untuk gambar *site layout* skenario 3 dapat dilihat pada lampiran 12.

e) Skenario 4

| Lokasi    | A | B | C | D  | E  | F | G | H | I | J  | K | L | M  | N  |
|-----------|---|---|---|----|----|---|---|---|---|----|---|---|----|----|
| Fasilitas | 1 | 2 | 3 | 12 | 11 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 5 | 4 | 13 | 14 |

Pada skenario keempat, terdapat 4 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu gudang, skafolding 1, *wiremesh* 1 dan *wiremesh* 2. Fasilitas ini dapat tidak memiliki luasan yang sama namun dapat saling dipindahkan karena ketersediaan lahan dalam proyek masih memenuhi. Untuk gambar *site layout* skenario 4 dapat dilihat pada lampiran 13.

## f) Skenario 5

| Lokasi    | A | B | C | D | E  | F | G | H | I | J  | K | L | M  | N  |
|-----------|---|---|---|---|----|---|---|---|---|----|---|---|----|----|
| Fasilitas | 1 | 2 | 4 | 3 | 11 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 5 | 4 | 13 | 14 |

Pada skenario kelima, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yaitu skafolding 1 sama kantin. Fasilitas ini dapat dipindahkan satu sama lain karena memiliki luasan yang hampir sama yaitu 19 m<sup>2</sup> dan 16 m<sup>2</sup> dan lahan yang tersedia masih memenuhi untuk dilakukan perpindahan. Untuk gambar *site layout* skenario 5 dapat dilihat pada lampiran 14.

## g) Skenario 6

| Lokasi    | A | B | C | D  | E  | F | G | H | I | J  | K | L | M  | N  |
|-----------|---|---|---|----|----|---|---|---|---|----|---|---|----|----|
| Fasilitas | 1 | 2 | 3 | 12 | 11 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 6 | 4 | 13 | 14 |

Pada skenario keenam, terdapat 4 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu stock fabrikasi bekisting, skafolding 1, *wiremesh* 1 dan *wiremesh* 2. Fasilitas ini memiliki luasan yang hampir sama yaitu 16 m<sup>2</sup> dan 15 m<sup>2</sup>. Untuk gambar *site layout* skenario 5 dapat dilihat pada lampiran 15.

## h) Skenario 7

| Lokasi    | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J  | K  | L  | M  | N  |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| Fasilitas | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

Pada skenario ketujuh, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yaitu skafolding 1 sama gudang. Fasilitas ini dapat dipindahkan satu sama lain karena memiliki luasan yang hampir sama yaitu 20 m<sup>2</sup> dan 16 m<sup>2</sup> dan lahan yang tersedia masih memenuhi untuk dilakukan perpindahan. Untuk gambar *site layout* skenario 5 dapat dilihat pada lampiran 16.

### 4.3 Perhitungan Traveling Distance

*Traveling distance* merupakan hasil akumulasi total dari perkalian jarak antar fasilitas dengan frekuensi perjalanan pekerja. Untuk mengetahui lebih jelasnya dapat dilihat pada bab sebelumnya. Hasil dari perhitungan *traveling distance* dari masing-masing skenario adalah sebagai berikut:

a) Kondisi eksisting *site layout*

Pada skenario ini belum ada fasilitas yang dipindahkan. Untuk memperoleh nilai *traveling distance* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.1 yaitu mengalikan jarak antar fasilitas dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada kondisi eksisting didapatkan hasil nilai TD sebesar 140333 meter. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1 dan untuk gambar *site layoutnya* dapat dilihat pada lampiran 9.

b) Skenario 1

Pada skenario ini, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yakni gudang dan kantin. Untuk memperoleh nilai *traveling distance* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.1 yaitu mengalikan jarak antar fasilitas dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan TD skenario 1 didapatkan hasil nilai TD sebesar 147668,58 meter. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai TD sebesar 5,23%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2 dan untuk gambar *site layoutnya* dapat dilihat pada lampiran 10.

c) Skenario 2

Pada skenario kedua, terdapat 4 fasilitas yang dipindahkan yaitu *rebar*, *stock* besi, skafolding 1 dan *stock* bekisting. Untuk memperoleh nilai *traveling distance* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.1 yaitu mengalikan jarak antar fasilitas dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan TD skenario 2 didapatkan hasil nilai TD sebesar 156510,34 meter. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai TD sebesar 11,53%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3 dan untuk gambar *site layoutnya* dapat dilihat pada lampiran 11.

d) Skenario 3

Pada skenario ketiga, terdapat 6 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu kantin, gudang, *rebar*, *stock* besi, skafolding 1 dan *stock* bekisting. Untuk memperoleh nilai *traveling distance* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.1 yaitu

mengalikan jarak antar fasilitas dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan TD skenario 3 didapatkan hasil nilai TD sebesar 154267,48 meter. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai TD sebesar 9,93%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 12.

e) Skenario 4

Pada skenario keempat, terdapat 4 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu gudang, skafolding 1, *wiremesh* 1 dan *wiremesh* 2. Untuk memperoleh nilai *traveling distance* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.1 yaitu mengalikan jarak antar fasilitas dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan TD skenario 4 didapatkan hasil nilai TD sebesar 160033,76 meter. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai TD sebesar 14,04%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 13.

f) Skenario 5

Pada skenario kelima, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yaitu skafolding 1 sama kantin. Untuk memperoleh nilai *traveling distance* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.1 yaitu mengalikan jarak antar fasilitas dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan TD skenario 5 didapatkan hasil nilai TD sebesar 139528,8 meter. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami penurunan nilai TD sebesar 0,57%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 14.

g) Skenario 6

Pada skenario keenam, terdapat 4 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu stock fabrikasi bekisting, skafolding 1, *wiremesh* 1 dan *wiremesh* 2. Untuk memperoleh nilai *traveling distance* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.1 yaitu mengalikan jarak antar fasilitas dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan TD skenario 6 didapatkan hasil nilai TD sebesar 162499,92 meter. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai TD sebesar 15,8%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 15.

#### h) Skenario 7

Pada skenario ketujuh, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yaitu skafolding 1 sama gudang. Untuk memperoleh nilai *traveling distance* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.1 yaitu mengalikan jarak antar fasilitas dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan TD skenario 7 didapatkan hasil nilai TD sebesar 145923 meter. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai TD sebesar 3,98%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 8 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 16.

Dari semua hasil perhitungan nilai *traveling distance*, didapatkan nilai TD terkecil yakni pada kondisi skenario 5 sebesar 139528,8 meter atau mengalami penurunan nilai TD sebesar 0,57% jika dibandingkan dengan nilai TD pada kondisi eksisting.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk mencari nilai *Traveling distance* (TD). Contoh perhitungan pada skenario eksisting.

#### a) Fasilitas 1

$$(0 \times 0) + (7 \times 25) + (10,7 \times 20) + (115,27 \times 3) + (91,16 \times 37) + (97,57 \times 36) + (75,6 \times 40) + (81,6 \times 40) + (107,93 \times 0) + (103,89 \times 2) + (121,8 \times 2) + (128,81 \times 2) + (129,58 \times 4) + (46,93 \times 135) = 21471,1 \text{ m}$$

#### b) Fasilitas 2

$$(7 \times 25) + (0 \times 0) + (29,05 \times 20) + (137,63 \times 2) + (120,95 \times 40) + (115,89 \times 41) + (93,91 \times 40) + (99,91 \times 50) + (126,25 \times 1) + (124,72 \times 2) + (140,15 \times 4) + (147,16 \times 4) + (147,93 \times 5) + (65,25 \times 46) = 24638,7 \text{ m}$$

#### c) Fasilitas 3

$$(10,7 \times 20) + (29,05 \times 20) + (0 \times 0) + (108,58 \times 6) + (91,9 \times 20) + (86,84 \times 30) + (64,87 \times 18) + (70,87 \times 30) + (97,2 \times 0) + (95,67 \times 2) + (111,1 \times 4) + (118,11 \times 5) + (118,88 \times 4) + (36,2 \times 34) = 12116,1 \text{ m}$$

Perhitungan tersebut dilakukan hingga fasilitas 14 kemudian semua hasil dijumlahkan keseluruhan. Hasil dari semua perhitungan disajikan dalam tabel 4.6

Tabel 4.6 Contoh Perhitungan Nilai TD Eksisting

| Nilai TD  |         |
|-----------|---------|
| Fasilitas | Nilai   |
| 1         | 21471,1 |
| 2         | 24638,7 |
| 3         | 12116,1 |
| 4         | 4196,81 |
| 5         | 13548,5 |
| 6         | 14369,9 |
| 7         | 9985,78 |
| 8         | 12806,8 |
| 9         | 522,98  |
| 10        | 686,43  |
| 11        | 3901,02 |
| 12        | 4471,98 |
| 13        | 3333,75 |
| 14        | 14283,1 |
| Total     | 140333  |

Cara yang sama juga dilakukan pada skenario lainnya yang berbeda hanya pada perubahan posisi fasilitas berdasarkan skenario yang dilakukan. Untuk keseluruhan hasil nilai TD disajikan dalam tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil Keseluruhan Nilai *Traveling Distance*

| Skenario | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TD       | 140333 | 147669 | 156510 | 154267 | 160034 | 139529 | 162500 | 145923 |

#### 4.4 Perhitungan Safety Index

Perhitungan *safety index* merupakan hasil akumulasi antara frekuensi perjalanan pekerja dengan *safety index* antar fasilitas. Perhitungan nilai *safety index* antar fasilitas dihitung menggunakan proporsi jarak dapat dilihat pada rumus 4.1 sehingga nilai *safety index* antar fasilitas satu dengan yang lain berbeda. Sehingga hasil perhitungan *safety index* dari masing-masing skenario adalah sebagai berikut:

##### a) Kondisi eksisting *site layout*

Pada skenario ini belum ada fasilitas yang dipindahkan. Untuk memperoleh nilai *safety index* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.2 yaitu mengalikan

*safety index* yang telah dihitung dengan rumus 4.1 dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada kondisi eksisting didapatkan hasil nilai SI sebesar 3662,18. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1 dan untuk gambar *site layoutnya* dapat dilihat pada lampiran 9.

b) Skenario 1

Pada skenario ini, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yakni gudang dan kantin. Untuk memperoleh nilai *safety index* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.2 yaitu mengalikan *safety index* yang telah dihitung dengan rumus 4.1 dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan SI skenario 1 didapatkan hasil nilai SI sebesar 3721,12. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai SI sebesar 1,61%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2 dan untuk gambar *site layoutnya* dapat dilihat pada lampiran 10.

c) Skenario 2

Pada skenario kedua, terdapat 4 fasilitas yang dipindahkan yaitu *rebar*, *stock* besi, *skafolding* 1 dan *stock* bekisting. Untuk memperoleh nilai *safety index* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.2 yaitu mengalikan *safety index* yang telah dihitung dengan rumus 4.1 dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan SI skenario 2 didapatkan hasil nilai SI sebesar 3730,02. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai SI sebesar 1,85%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3 dan untuk gambar *site layoutnya* dapat dilihat pada lampiran 11.

d) Skenario 3

Pada skenario ketiga, terdapat 6 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu kantin, gudang, *rebar*, *stock* besi, *skafolding* 1 dan *stock* bekisting. Untuk memperoleh nilai *safety index* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.2 yaitu mengalikan *safety index* yang telah dihitung dengan rumus 4.1 dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan SI skenario 3 didapatkan hasil nilai SI sebesar 3786,64. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai SI sebesar 3,4%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 12.

e) Skenario 4

Pada skenario keempat, terdapat 4 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu gudang, skafolding 1, *wiremesh* 1 dan *wiremesh* 2. Untuk memperoleh nilai *safety index* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.2 yaitu mengalikan *safety index* yang telah dihitung dengan rumus 4.1 dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan SI skenario 4 didapatkan hasil nilai SI sebesar 3794,22. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai SI sebesar 3,61%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 13.

f) Skenario 5

Pada skenario kelima, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yaitu skafolding 1 sama kantin. Untuk memperoleh nilai *safety index* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.2 yaitu mengalikan *safety index* yang telah dihitung dengan rumus 4.1 dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan SI skenario 5 didapatkan hasil nilai SI sebesar 3668,28. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai SI sebesar 0,17%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 14.

g) Skenario 6

Pada skenario keenam, terdapat 4 fasilitas yang dapat dipindahkan yaitu stock fabrikasi bekisting, skafolding 1, *wiremesh* 1 dan *wiremesh* 2. Untuk memperoleh nilai *safety index* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.2 yaitu mengalikan *safety index* yang telah dihitung dengan rumus 4.1 dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan SI skenario 6 didapatkan hasil nilai SI sebesar 3788,7. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai SI sebesar 3,45%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 15.

#### h) Skenario 7

Pada skenario ketujuh, terdapat 2 fasilitas yang dipindahkan yaitu skafolding 1 sama gudang. Untuk memperoleh nilai *safety index* maka perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus 2.2 yaitu mengalikan *safety index* yang telah dihitung dengan rumus 4.1 dengan frekuensi perpindahan pekerja kemudian hasil perkalian akan dijumlahkan keseluruhan.

Pada perhitungan SI skenario 7 didapatkan hasil nilai SI sebesar 3732,28. Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting maka skenario ini mengalami peningkatan nilai SI sebesar 1,91%. Untuk proses perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 8 dan untuk gambar *site layout*nya dapat dilihat pada lampiran 16.

Dari semua hasil perhitungan nilai *safety index*, didapatkan nilai SI terkecil yakni pada kondisi eksisting sebesar 3662,18. Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk mencari nilai *safety index* (SI). Contoh perhitungan pada skenario eksisting.

#### a) Fasilitas 1

$$(0 \times 0) + (1 \times 25) + (1 \times 20) + (1,68 \times 3) + (1,7 \times 37) + (1,72 \times 36) + (1,64 \times 40) + (1,67 \times 40) + (1,86 \times 0) + (1,81 \times 2) + (2 \times 2) + (2,12 \times 2) + (2,01 \times 4) + (1,42 \times 135) = 518,86$$

#### b) Fasilitas 2

$$(1 \times 25) + (0 \times 0) + (1 \times 20) + (1,6 \times 2) + (1,62 \times 40) + (1,61 \times 41) + (1,51 \times 40) + (1,54 \times 50) + (1,73 \times 1) + (1,65 \times 2) + (1,86 \times 4) + (1,89 \times 4) + (1,88 \times 5) + (1,3 \times 46) = 405,64$$

#### c) Fasilitas 3

$$(1 \times 20) + (1 \times 20) + (0 \times 0) + (1,76 \times 6) + (1,82 \times 20) + (1,81 \times 30) + (1,74 \times 18) + (1,77 \times 30) + (1,95 \times 0) + (1,85 \times 2) + (2,08 \times 4) + (2,11 \times 5) + (2,1 \times 4) + (1,54 \times 34) = 309,01$$

Perhitungan tersebut dilakukan hingga fasilitas 14 kemudian semua hasil dijumlahkan keseluruhan. Hasil dari semua perhitungan disajikan dalam tabel 4.8

Tabel 4.8 Contoh Perhitungan Nilai SI Eksisting

| Nilai SI  |         |
|-----------|---------|
| Fasilitas | Nilai   |
| 1         | 518,86  |
| 2         | 405,64  |
| 3         | 309,01  |
| 4         | 115,27  |
| 5         | 362,22  |
| 6         | 376     |
| 7         | 381,46  |
| 8         | 434,59  |
| 9         | 22,26   |
| 10        | 13,5    |
| 11        | 111,87  |
| 12        | 113,58  |
| 13        | 71,54   |
| 14        | 426,38  |
| Total     | 3662,18 |

Cara yang sama juga dilakukan pada skenario lainnya yang berbeda hanya pada perubahan posisi fasilitas berdasarkan skenario yang dilakukan. Untuk keseluruhan hasil nilai SI disajikan dalam tabel 4.9

Tabel 4.9 Hasil Keseluruhan Nilai *Safety Index*

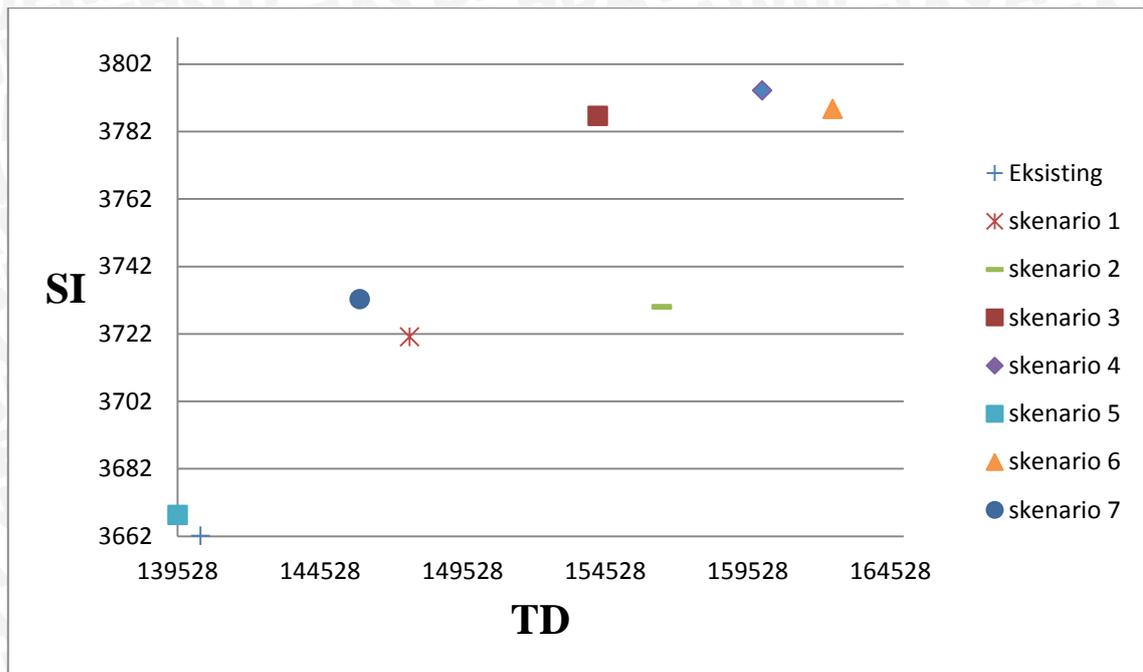
| Skenario | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6      | 7       |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| SI       | 3662,18 | 3721,12 | 3730,02 | 3786,64 | 3794,22 | 3668,28 | 3788,7 | 3732,28 |

#### 4.5 Diagram Pareto Optima

Dari semua hasil perhitungan 7 skenario *traveling distance* dan *safety index*, maka selanjutnya hasil perhitungan tersebut diplotkan dalam sebuah diagram *pareto optima*. Untuk penjelasan lebih jelasnya mengenai diagram *pareto optima* dapat dilihat pada bab sebelumnya. Hasil perhitungan TD dan SI diringkas dalam tabel 4.10

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan TD &amp; SI

| Skenario | eksisting | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6      | 7       |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| TD       | 140333    | 147669  | 156510  | 154267  | 160034  | 139529  | 162500 | 145923  |
| SI       | 3662,18   | 3721,12 | 3730,02 | 3786,64 | 3794,22 | 3668,28 | 3788,7 | 3732,28 |



Gambar 4.2 Diagram *Pareto Optima*

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa hasil dari skenario eksisting dan 5 merupakan hasil perhitungan yang optimal karena memiliki nilai TD dan SI yang minimum apabila dibandingkan dengan skenario 1,2,3,4,6 dan 7. Sedangkan pada skenario eksisting dan 5 tidak dapat dibandingkan satu sama lain karena masing-masing memiliki keunggulan pada nilai TD & SI. Pada skenario eksisting memiliki keunggulan nilai SI yang lebih kecil bila dibandingkan dengan skenario 5, namun skenario 5 memiliki keunggulan nilai TD yang lebih kecil bila dibandingkan dengan skenario eksisting.

#### 4.6 Penentuan Site Layout Optimum

Penentuan bentuk *site layout* optimum, dilakukan dengan cara mencari skenario yang memiliki nilai TD dan SI paling minimum. Hasil dari perhitungan TD dan SI pada setiap skenario diplotkan ke dalam digram *pareto optima* dapat dilihat pada gambar 4.2.

Dari gambar diagram tersebut terdapat dua skenario yang masing-masing memiliki nilai TD atau SI terkecil, dimana skenario eksisting dengan nilai SI terkecil sebesar 3662,18 dan skenario 5 dengan nilai TD terkecil sebesar 139529. Tidak ada satu skenario yang memenuhi kedua nilai TD dan SI terkecil.

Sehingga dalam hal ini penentuan bentuk site layout berdasarkan prioritas kebutuhan proyek. Apabila memprioritaskan jarak tempuh (*Traveling Distance*) yang

paling optimum adalah skenario 5. Sedangkan, apabila memprioritaskan tingkat keselamatan (*Safety Index*), maka bentuk *site layout* optimum adalah skenario eksisting.

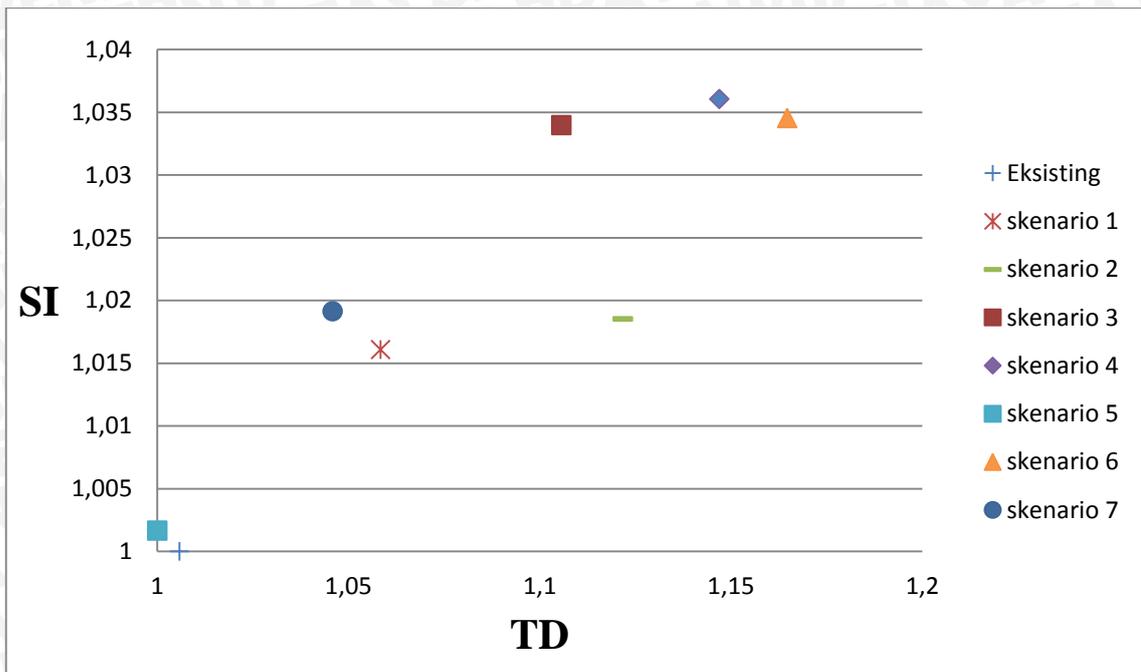
Berdasarkan hasil wawancara dengan *site manager* pembangunan proyek gedung B PTIIK, bahwa pihak PT Waskita Karya lebih memprioritaskan tingkat keselamatan yaitu sebesar 60% dibandingkan dengan jarak tempuh sebesar 40%. Sehingga bentuk *site layout* berdasarkan prioritas tersebut dapat diperoleh dengan cara yang sederhana yaitu dengan cara mengalikan hasil SI dengan 60% dan mengalikan hasil TD dengan 40% selanjutnya dijumlahkan namun dalam hal ini selisih antara nilai SI dan TD sangat besar dan satuan dari TD adalah meter sedangkan satuan SI tidak ada.

Sehingga dalam hal ini harus dilakukan penyetaraan nilai SI dan TD dengan cara membagi dengan nilai terkecil dari tiap nilai SI dan TD dan juga penyetaraan satuan agar hasil setelah dijumlahkan sesuai dengan yang diharapkan. Hasil perhitungan berdasarkan prioritas SI 60% dan TD 40% disajikan pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Prioritas Nilai TD 40% dan SI 60%

| Skenario  | Eksisting | skenario 1 | skenario 2 | skenario 3 | skenario 4 | skenario 5 | skenario 6 | skenario 7 |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TD  | 1,00576   | 1,058337   | 1,121706   | 1,105632   | 1,146958   | 1          | 1,164633   | 1,045829   |
| SI  | 1         | 1,016094   | 1,018524   | 1,033985   | 1,036055   | 1,001666   | 1,034548   | 1,019142   |
| TD 40%  | 0,40231   | 0,423335   | 0,448682   | 0,442253   | 0,458783   | 0,4        | 0,465853   | 0,418332   |
| SI 60%  | 0,6       | 0,609657   | 0,611115   | 0,620391   | 0,621633   | 0,600999   | 0,620729   | 0,611485   |
| Total   | 1,00231   | 1,032992   | 1,059797   | 1,062644   | 1,080416   | 1,000999   | 1,086582   | 1,029817   |
| Nilai yang minimum dari jumlah TD 40% dan SI 60% = 1,000999 |           |            |            |            |            |            |            |            |

Dari tabel 4.11 selanjutnya hasil perhitungan tersebut diplotkan dalam sebuah diagram *pareto optima* berdasarkan prioritas TD 40% dan SI 60% yang disajikan pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Diagram *Pareto* Penyetaraan TD dan SI

Cara mendapatkan nilai penyetaraan TD dan SI pada gambar 4.3 didapat dengan cara sebagai berikut:

(Nilai TD)

$$\text{Eksisting} = \left( \frac{140333}{139528,8} \right) = 1,00576$$

$$\text{Skenario 1} = \left( \frac{147668,6}{139528,8} \right) = 1,058337$$

$$\text{Skenario 2} = \left( \frac{156510,3}{139528,8} \right) = 1,121706$$

$$\text{Skenario 3} = \left( \frac{154267,5}{139528,8} \right) = 1,105632$$

$$\text{Skenario 4} = \left( \frac{160033,8}{139528,8} \right) = 1,146958$$

$$\text{Skenario 5} = \left( \frac{139528,8}{139528,8} \right) = 1$$

$$\text{Skenario 6} = \left( \frac{162499,92}{139528,8} \right) = 1,164633$$

$$\text{Skenario 7} = \left( \frac{145923,3}{139528,8} \right) = 1,045829$$

(Nilai SI)

$$\text{Eksisting} = \left( \frac{3662,18}{3662,18} \right) = 1$$

$$\text{Skenario 1} = \left( \frac{3721,12}{3662,18} \right) = 1,016094$$

$$\text{Skenario 2} = \left( \frac{3730,02}{3662,18} \right) = 1,018524$$

$$\text{Skenario 3} = \left( \frac{3786,64}{3662,18} \right) = 1,033985$$

$$\text{Skenario 4} = \left( \frac{3794,22}{3662,18} \right) = 1,036055$$

$$\text{Skenario 5} = \left( \frac{3668,28}{3662,18} \right) = 1,001666$$

$$\text{Skenario 6} = \left( \frac{3788,7}{3662,18} \right) = 1,034548$$

$$\text{Skenario 7} = \left( \frac{3732,28}{3662,18} \right) = 1,019142$$

Setelah semua nilai TD dan SI dihitung langkah selanjutnya masing-masing nilai TD dikali dengan 40% dan nilai SI dikali dengan 60% kemudian menjumlahkan nilai TD dan SI kemudian didapat nilai minimum dari semua skenario seperti yang disajikan dalam tabel 4.11. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa skenario yang paling optimum dari prioritas nilai TD 40% dan SI 60% adalah skenario 5.

