

OPTIMASI SITE LAYOUT PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG DENGAN *MULTI-OBJECTIVE FUNCTION* DITINJAU DARI ASPEK *TRAVELING DISTANCE* DAN *SAFETY INDEX*

Arief Rahmat Husein Wijoyono¹⁾, Suselo Utoyo²⁾, Ratih Indri Hapsari³⁾

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta 9, Malang 65141
E-mail: Ajombang03@gmail.com

Abstract

In this research, construction site layout optimization is carried out using a multi-objective function method in terms of the traveling distance and safety index aspects. The data needed are the site layout map, work breakdown structure, organizational structure and frequency of movement of workers. From site layout map, distance between facilities and safety value are analyzed. Safety value is quantified by assessing the risk of the work from the work breakdown structure and working drawing as well as direct observation. Optimization is conducted by assessing the travelling distance and safety index as the objectives function. Seven alternatives of site facilities displacement are given including four dummy location. The results of the calculation are plotted in Pareto Optima chart. The analysis reveals that Alternative 7 provides an optimal condition with traveling distance and safety index are 53,718,606 meter/day and 2260 respectively. The multi-criteria optimization of site layout allows the best alternative which is 2% and 21% lower than the existing condition in terms of traveling distance and safety index.

Keywords: *Optimization, Site Layout, Multi-Objective Function, Traveling Distance, Safety Index*

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan optimasi tata letak tapak konstruksi dengan menggunakan metode *multi-objective function* ditinjau dari *traveling distance* dan *safety index*. Data yang dibutuhkan adalah peta tata letak lokasi, struktur rincian kerja, struktur organisasi dan frekuensi perpindahan pekerja. Dari peta tata letak situs, *traveling distance* dan *safety index* dianalisa. Nilai *safety index* diukur dengan menilai risiko pekerjaan dari struktur rincian pekerjaan dan gambar kerja serta pengamatan langsung. Optimasi dilakukan dengan menilai *traveling distance* dan *safety index* sebagai fungsi tujuan. Tujuh alternatif pemindahan fasilitas proyek dianalisis termasuk empat lokasi dummy. Hasil perhitungan diplot dalam grafik Pareto Optima. Hasil analisis menunjukkan bahwa Alternatif 7 memberikan kondisi optimal dengan *traveling distance* dan *safety index* masing-masing 53.718.606 meter / hari dan 2260. Optimalisasi multi kriteria tata letak situs memungkinkan alternatif terbaik yaitu 2% dan 21% lebih rendah dari kondisi eksisting dalam hal *traveling distance* dan *safety index*.

Kata Kunci: *Optimasi, Site Layout, Multi-Objective Function, Traveling Distance, Safety Index*

PENDAHULUAN

Fasilitas proyek merupakan bagian penting dari pekerjaan konstruksi di lapangan. Luas, jenis fasilitas, dan penempatannya tergantung pada kebutuhan dan keadaan di lokasi proyek. Banyak perencanaan penempatan fasilitas proyek yang belum diperhitungkan secara optimal, maka perlu dilakukan optimasi *site layout* dengan mengatur letak fasilitas yang diharapkan dapat mengembangkan suatu letak fasilitas yang aman sekaligus mendukung cepatnya pelaksanaan pekerjaan fisik

Pada penelitian sebelumnya terdapat beberapa metode yang digunakan untuk optimasi *site layout*. Pradana dan Nurcahyo (2014) melakukan penelitian tentang analisis tata letak fasilitas proyek menggunakan *activity relationship* dan *multi-objectives function*. Hasilnya alternatif tata letak fasilitas di proyek dapat menurunkan *safety index* hingga 11.51 %. Pranarka dan Adi (2012) menggunakan *multi objectives function* untuk optimasi *site-layout* dan menyimpulkan bahwa hasilnya mampu menurunkan *traveling distance* 9,91% dan *safety index* 5.96 %. Syarief dkk. (2014) menyebutkan bahwa iterasi yang paling optimal memberikan bobot 60% untuk *safety index* dan 40%. Untuk *travelling distance*. Namun demikian, penelitian ini tidak menggunakan diagram Pareto Optima untuk menentukan alternative terbaik.

Proyek Pembangunan Apartemen Suncity Residence Sidoarjo memiliki area proyek yang sempit namun dengan fasilitas penunjang yang banyak. Selain itu dilihat dari keselamatan para pekerjanya, proyek ini memiliki dua buah *tower crane*, panel induk listrik kerja, gudang B3, *stockyard* material, *stockyard* besi, dan area fabrikasi besi yang dapat menimbulkan bahaya bagi para pekerja di proyek tersebut. Ketidakteraturan ini dapat diantisipasi dengan mengukur seberapa besar tingkat bahaya berdasarkan layout awal.

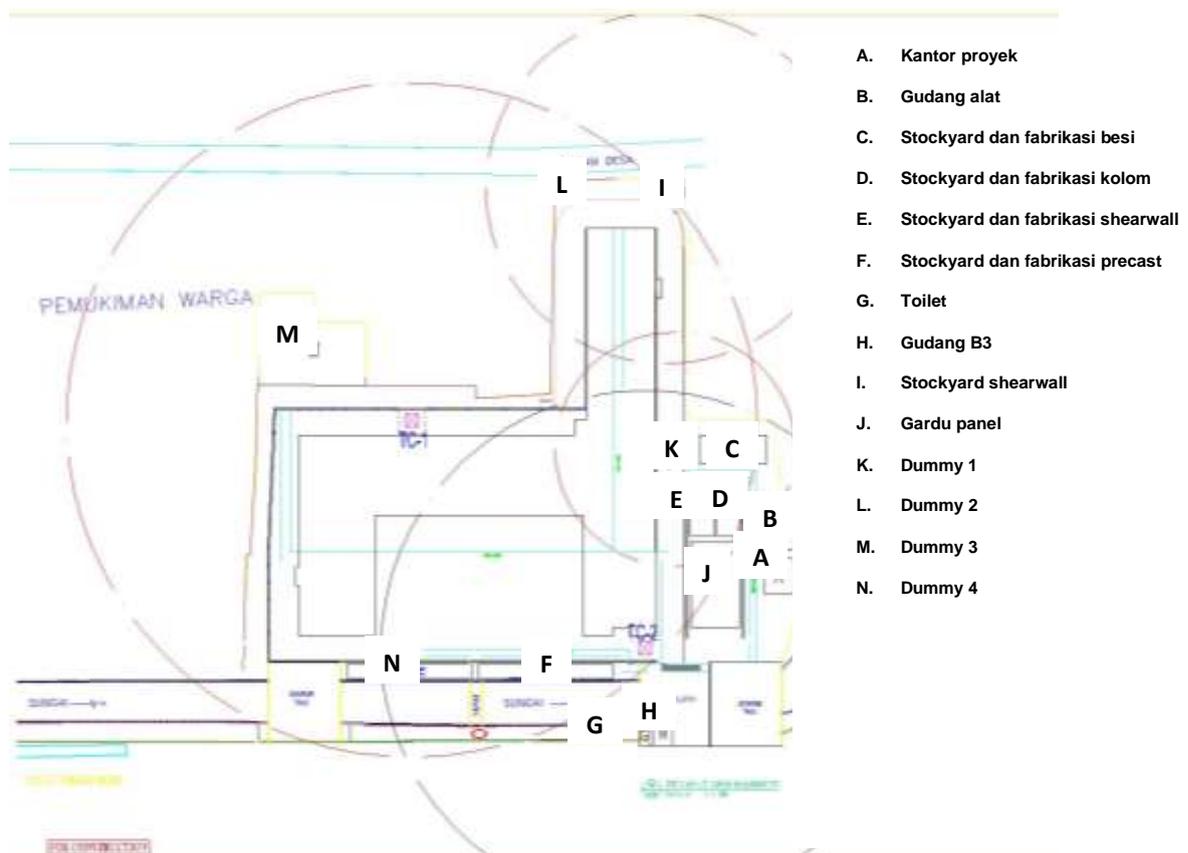
Dengan adanya permasalahan ini, maka perlu dilakukan optimasi *site layout* pada proyek tersebut dengan menggunakan metode *multi-objective function* yang ditinjau dari 2 aspek yaitu *traveling distance* dan *safety index*. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengevaluasi *site layout* eksisting, mendapatkan bentuk *site layout* yang optimal dengan diagram Pareto Optima, dan mengetahui nilai efisiensi waktu setelah dilakukan optimasi.

METODE PENELITIAN

Studi dilakukan di Proyek Pembangunan Apartemen Suncity Residence Sidoarjo. Bangunan ini memiliki luas 3662 m² yang terdiri atas 1 lantai *basement*, 1 lantai dasar, 1

lantai podium, dan 27 lantai hunian. Data yang digunakan adalah gambar *site layout* eksisting (Gambar 1) yang memuat fasilitas-fasilitas proyek yang berfungsi untuk menghitung jarak dan menentukan alternatif perpindahan serta *dummy* untuk fasilitas proyek. Fasilitas proyek terdiri atas kantor proyek, gudang alat, *stockyard* dan fabrikasi besi, kolom, balok, *shearwall*, dan *precast*, toilet, pos keamanan, gudang B3, dan gardu panel. Karena masih ada ruang kosong, maka direncanakan empat lokasi *dummy* sebagai alternatif perpindahan fasilitas proyek. Data lainnya yang dibutuhkan adalah *work breakdown structure*, gambar kerja, dan struktur organisasi untuk menentukan tenaga kerja yang memiliki mobilitas di dalam proyek. Jarak antar fasilitas diukur untuk diolah bersama dengan frekuensi perpindahan pekerja. *Travelling distance* dihitung dengan cara mengalikan jarak dengan frekuensi perpindahan pekerja.

Dalam studi ini diambil data primer yaitu frekuensi perpindahan pekerja antar fasilitas proyek melalui pengamatan langsung. Hasilnya diberikan pada Tabel 1. *Safety index* dianalisis berdasarkan aspek bahaya sebagaimana ditunjukkan di Tabel 2 dikalikan dengan



Gambar 1. *Site layout* eksisting (WIKI, 2020)

frekuensi perpindahan pekerja. Berdasarkan gambar kerja serta pengamatan di lapangan, dilakukan indentifikasi bahaya. Setelah itu, tujuh alternatif perpindahan fasilitas proyek dianalisis dengan batasan-batasan luas fasilitas yang akan ditukar harus memiliki luasan yang sama atau kalau berbeda harus tidak boleh jauh berbeda satu sama lain, perpindahan tidak dapat dilakukan apabila berhubungan dengan pemindahan/pertukaran lokasi Panel dan rumah B3 karena kedua fasilitas tersebut digunakan sebagai faktor penentu nilai safety, perpindahan tidak dapat diterapkan pada kantor proyek, toilet dan pos keamanan karena fasilitas-fasilitas tersebut bersifat permanen.

Nilai *traveling distance* dan *safety index* diplotkan di diagram *Pareto Optima* untuk mendapatkan *site layout* yang optimal dari ketujuh alternatif. Untuk alternative yang optimal, dilakukan perhitungan efisiensi waktu. Hasil optimasi digambarkan dengan tata letak fasilitas proyek yang optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan terhadap frekuensi perpindahan pekerja diberikan di Tabel 3. Dari Tabel 1 dan Tabel 3 dilakukan perhitungan *travelling distance* yang ditunjukkan pada Tabel 4. Tabel 5 menunjukkan faktor bahaya yang akan dikalikan dengan frekuensi perpindahan pekerja. Total penjumlahan nilai *travelling distance* dan *safety index* eksisting masing-masing adalah sebesar 54.668,4 meter/hari dan 2742.

Tabel 1
 Jarak antar fasilitas

JENIS FASILITAS	KODE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Kantor Proyek	A	0	12	25	24	29	4	42	41	78	51	36	93	142	84	57
Gudang Alat	B	12	0	16	6	20	16	49	48	69	61	27	85	149	83	84
Stockyard & Fabrikasi Besi	C	25	16	0	3	7	28	61	60	59	79	14	72	160	102	102
Stockyard & Fabrikasi Kolom, Balok	D	24	6	3	0	18	18	51	50	67	70	25	84	154	92	92
Stockyard & Fabrikasi Shearwall	E	29	20	7	18	0	31	65	64	53	84	10	68	166	106	106
Stockyard & Fabrikasi Precast	F	4	16	28	18	31	0	39	37	81	58	38	97	141	81	80
Toilet	G	42	49	61	51	65	39	0	6	115	38	72	130	125	60	60
Post Security	H	41	48	60	50	64	37	6	0	114	38	70	129	124	58	59
Gudang B3	I	78	69	59	67	53	81	115	114	0	131	47	17	156	156	155
Stockyard Shearwall	J	51	61	79	70	84	58	38	38	131	0	91	149	141	30	31
Ganda Panel	K	36	27	14	25	10	38	72	70	47	90	0	63	172	113	113
Dummy 1	L	93	85	72	84	68	97	130	129	17	149	63	0	231	170	171
Dummy 2	M	142	149	160	154	166	141	125	124	156	141	172	231	0	164	164
Dummy 3	N	84	83	102	92	106	81	60	58	156	30	113	170	164	0	80
Dummy 4	O	57	84	102	92	106	80	60	59	155	31	113	171	164	80	0

Tabel 2
 Klasifikasi bahaya

Nilai safet	Klasifikasi Bahaya	keterangan
1	rendah	Perputaran Lengan TC
2	cukup bahaya	Perputaran Lengan TC + Panel
3	bahaya	Perputaran Lengan TC + Gudang B3
4	sangat bahaya	Zona gabungan Perputaran Lengan TC + Panel + Gudang B3

Ketujuh alternatif perpindahan yang disimulasikan diuraikan sebagai berikut.

1. *Stockyard* dan fabrikasi *precast* dengan *dummy* 2
2. *Stockyard* dan fabrikasi kolom,balok dengan *dummy* 3
3. *Stockyard* dan fabrikasi *shearwall* dengan *dummy* 4
4. *Stockyard* dan fabrikasi kolom,balok dengan *dummy* 3 dan *stockyard* dan fabrikasi *shearwall* dengan *dummy* 4
5. *Stockyard* dan fabrikasi kolom,balok dengan *stockyard* dan fabrikasi *shearwal*
6. Gudang alat dengan *stockyard* dan fabrikasi besi dan *stockyard* dan fabrikasi *shearwall* dengan *stockyard* dan fabrikasi kolom,balok
7. *Stockyard* dan fabrikasi kolom,balok dengan *dummy* 3, *stockyard* dan fabrikasi *shearwall* dengan *dummy* 4, dan *stockyard* dan fabrikasi besi dengan *stockyard shearwall*

Berdasarkan ketujuh alternatif ini, dilakukan perhitungan *travelling distance* dan *safety index* kembali. Hasil rekapitulasinya diberikan pada Tabel 6. Dari Tabel 6 dapat

Tabel 3
 Frekuensi perpindahan pekerja (meter/hari) eksisting

JENIS FASILITAS	KODE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Kantor Proyek	A	0	15	10	14	15	16	26	8	2	17	4	0	0	0	0
Gudang Alat	B	15	0	26	20	27	31	31	10	3	35	5	0	0	0	0
Stockyard & Fabrikasi Besi	C	10	26	0	30	35	20	27	6	9	28	2	0	0	0	0
Stockyard & Fabrikasi Kolom,Balok	D	14	20	30	0	23	12	20	4	8	10	3	0	0	0	0
Stockyard & Fabrikasi Shearwall	E	15	27	35	23	0	25	20	5	7	8	2	0	0	0	0
Stockyard & Fabrikasi Precast	F	16	31	20	12	25	0	24	3	6	18	4	0	0	0	0
Toilet	G	26	31	27	20	20	24	0	6	4	16	0	0	0	0	0
Post Security	H	8	10	6	4	5	3	6	0	3	7	4	0	0	0	0
Gudang B3	I	2	3	9	8	7	6	4	3	0	2	0	0	0	0	0
Stockyard Shearwall	J	17	35	28	10	8	18	16	7	2	0	2	0	0	0	0
Gardu Panel	K	4	5	2	3	2	4	0	4	0	2	0	0	0	0	0
Dummy 1	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dummy 2	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dummy 3	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dummy 4	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

diketahui *travelling distance* (meter/hari) dan *safety index* yang paling kecil adalah alternatif 7. Selanjutnya kedua nilai ini diplotkan ke digaram Pareto Optima (Gambar 2).

Dari diagram Pareto Optima dapat dilihat bahwa terdapat satu titik yang memiliki

nilai paling kecil yaitu alternatif 7. sistem prioritas. Dengan demikian maka dapat diketahui bahwa alternatif 7 merupakan alternatif site layout paling optimal dengan nilai total *travelling distance* dan *safety index* sebesar 53.718,606 meter/hari dan 2260. Pada alternatif 7 ini terdapat penurunan *travelling distance* sebesar -2% dan penurunan *safety index* sebesar -21%. Gambar 3 menunjukkan site layout alternatif 7 yang direkomendasikan.

Tabel 4
Travelling distance (meter/hari) eksisting

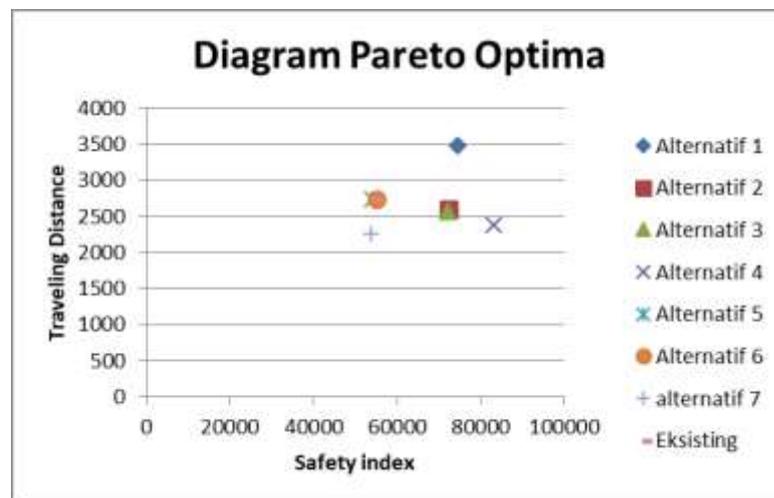
JENIS FASILITAS	KODE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Kantor Proyek	A	0	180	245	341.6	433.5	65.6	1099.8	325.6	155.2	863.6	144.4	0	0	0	0
Gudang Alat	B	180	0	403	122	540	483.6	1515.9	477	205.503	2136.4	133.5	0	0	0	0
Stockyard & Fabrikasi Besi	C	245	403	0	93	259	560	1641.6	357.6	527.4	2212	28.4	0	0	0	0
Stockyard & Fabrikasi Kolom,Balok	D	341.6	122	93	0	414	216	1020	200	536	700	75	0	0	0	0
Stockyard & Fabrikasi Shearwall	E	433.5	540	259	414	0	775	1300	320	371	672	20	0	0	0	0
Stockyard & Fabrikasi Precast	F	65.6	483.6	560	216	775	0	936	111	486	1044	152	0	0	0	0
Toilet	G	1099.8	1515.9	1641.6	1020	1300	936	0	36	460	608	0	0	0	0	0
Post Security	H	325.6	477	357.6	200	320	111	36	0	342	266	280	0	0	0	0
Gudang B3	I	155.2	205.503	527.4	536	371	486	460	342	0	262	0	0	0	0	0
Stockyard Shearwall	J	863.6	2136.4	2212	700	672	1044	608	266	262	0	182	0	0	0	0
Gardu Panel	K	144.4	133.5	28.4	75	20	152	0	280	0	182	0	0	0	0	0
Dummy 1	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dummy 2	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dummy 3	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dummy 4	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5
Faktor bahaya kondisi eksisting

JENIS FASILITAS	KODE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Kantor Proyek	A	0	2	2	2	2	1	1	1	4	1	2	4	2	1	1
Gudang Alat	B	2	0	2	2	2	2	2	2	4	2	2	4	2	2	2
Stockyard & Fabrikasi Besi	C	2	2	0	2	2	2	2	2	4	2	2	4	2	2	2
Stockyard & Fabrikasi Kolom,Balok	D	2	2	2	0	2	2	2	2	4	2	2	4	2	2	2
Stockyard & Fabrikasi Shearwall	E	2	2	2	2	0	2	2	2	4	2	2	4	2	2	2
Stockyard & Fabrikasi Precast	F	1	2	2	2	2	0	1	1	4	1	2	4	2	1	1
Toilet	G	1	2	2	2	2	1	0	1	4	1	2	4	2	1	1
Post Security	H	1	2	2	2	2	1	1	0	1	1	2	4	2	1	1
Gudang B3	I	4	4	4	4	4	4	4	1	0	4	4	4	4	4	4
Stockyard Shearwall	J	1	2	2	2	2	1	1	1	1	0	2	4	2	1	1
Gardu Panel	K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	4	2	2	2
Dummy 1	L	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4
Dummy 2	M	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	0	2	2
Dummy 3	N	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	4	2	0	1
Dummy 4	O	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	4	2	1	0

Tabel 6
Rekapitulasi *travelling distance* (meter/hari) dan *safety index*

Alternatif	Traveling Distance	Safety Index
Eksisting	54668.406	2742
Alternatif 1	74638.406	3476
Alternatif 2	72463.606	2598
Alternatif 3	72187.606	2575
Alternatif 4	83082.806	2385
Alternatif 5	54053.806	2742
Alternatif 6	55237.258	2742
Alternatif 7	53718.606	2260

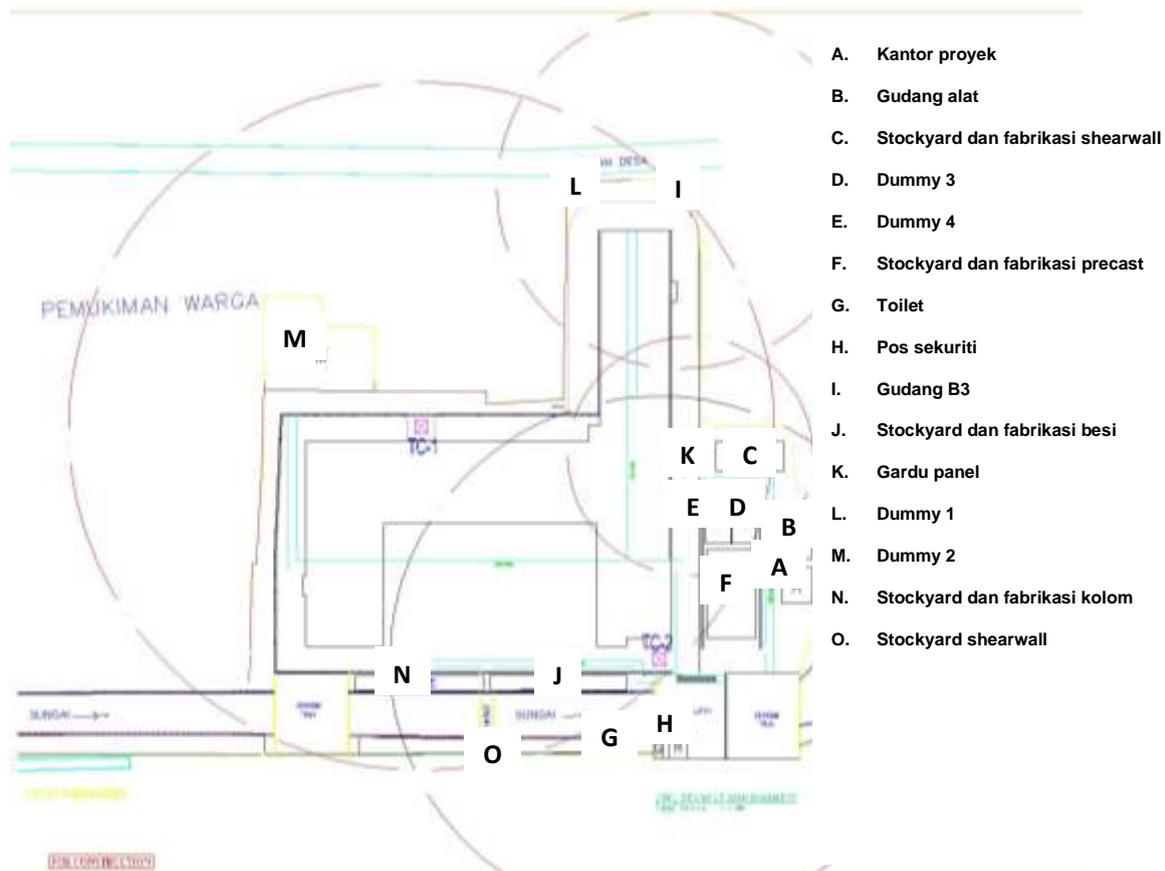


Gambar 2. Diagram Pareto Optima

Berdasarkan hasil analisis ini didapatkan site layout rencana yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dummy 3 dan Dummy 4 menggantikan fasilitas sebelumnya yang dipakai. Hasil kajian ini akan dapat bermanfaat bagi kontraktor dalam mengatur site layout agar dapat menurunkan biaya umum proyek tanpa mengesampingkan kesehatan dan keselamatan kerja sumber daya manusia di dalam proyek.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dan dapat disimpulkan bahwa *site layout* eksisting pada proyek Pembangunan Gedung Apartemen Suncity Residence Sidoarjo dapat dimodifikasi untuk mendapatkan alternatif yang terbaik. *Traveling distance* dan *safety index* yang minimum ditunjukkan oleh Alternatif 7 di mana *stockyard* dan fabrikasi kolom dan balok ditukar dengan *dummy 3*, *stockyard* dan fabrikasi shearwall ditukar dengan dengan *dummy 4*, *stockyard* dan fabrikasi besi ditukar dengan dengan *stockyard shearwall*. Nilai *traveling distance* dan *safety index* masing-masing sebesar 53.718,606 meter/hari dan 2260 atau mengalami penurunan sebesar 2% dan 21%.



Gambar 3. Site layout optimal

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, A.M., Utamima, A., dan Wang, K.J. (2015). A comparative study of GA, PSO and ACO for solving construction site layout optimization. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19, 520–527.
- Pradana, E. dan Nurcahyo, C.B. (2014). Analisa tata letak fasilitas proyek menggunakan activity relationship chart dan multiobjectives function pada Proyek Pembangunan Apartemen De Papilio Surabaya, Malang. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 3(2), D13-136.
- Pranarka, D. dan Adi, T.J.W. (2012). Optimasi (equal) site layout menggunakan multi-objectives function pada Proyek A. *Jurnal Teknik POMITS*, Vol 1(1), 1- 4.
- Syarief. M.R., Hasyim, dan Unas, S.E. (2014). Optimasi site layout menggunakan multi-objectives function (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung B PTIK Universitas Brawijaya Malang). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, Vol. 1(3), 1-8.
- Yeh, I.C. (1995). Construction-Site Layout using annealed neural network. *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 9(3), 201-208.