

## OPTIMASI CONSTRUCTION SITE LAYOUT MENGGUNAKAN METODE METAHEURISTIC ALGORITHM PADA PROYEK GREAT HOTEL DIPONEGORO

Vincent Jonathan<sup>1</sup>, Adrian Kristian Sugiarto<sup>2</sup>, Effendy Tanojo<sup>3</sup>, Doddy Prayogo<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** *Construction site layout* merupakan komponen penting dalam proyek yang memiliki fasilitas – fasilitas yang bersifat sementara untuk menunjang pembangunan proyek. Tata letak tiap fasilitas yang efektif berpengaruh pada kelancaran pembangunan proyek, terutama dalam hal waktu dan biaya. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan optimasi pada *site layout* menggunakan metode metaheuristik, dengan kondisi *equal site layout*, pada proyek “Great Hotel Diponegoro”. Metode yang digunakan dalam studi ini ada tiga, yaitu *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Artificial Bee Colony* (ABC), dan *Symbiotic Organisms Search* (SOS). Dengan tiga metode ini, dilakukan perbandingan untuk mencari metode terbaik yang menghasilkan nilai *objective function* yang paling optimal. *Objective function* yang dicari adalah *Travelling Distance* (TD) yang paling kecil. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode yang terbaik adalah metode SOS.

**KATA KUNCI :** *construction site layout*, metaheuristik, optimasi, PSO, ABC, SOS

### 1. PENDAHULUAN

Pada *site layout* di proyek-proyek zaman sekarang sering kali di temui terjadinya penataan fasilitas *site layout* yang kurang efisien dan kurang tertata dengan baik seperti: peletakan tempat fasilitas di proyek yang tidak di perhitungkan, fasilitas pada proyek yang di letakkan sembarangan dan alokasi lahan untuk fasilitas yang tidak sesuai. Untuk menyelesaikan permasalahan dalam *site layout* dan keterbatasan sumber daya yang ada di lokasi proyek, seperti: tempat, waktu, energi dan dana, maka perlu di selesaikan dengan cara optimasi *site layout*. Dengan di optimalkannya *site layout* dapat mengurangi waktu berpindah untuk pekerja dan alat, menghemat biaya, meningkatkan *safety index* (SI) di lingkungan proyek dan meningkatkan produktivitas (Papadaki & Chassiakos, 2016). Tujuan dari optimasi *site layout* adalah untuk menemukan tempat yang cocok untuk masing-masing fasilitas di proyek dan meminimalkan total jarak tempuh antara tiap fasilitas.

### 2. TEORI PENDUKUNG

#### 2.1. *Construction Site Layout*

Merencanakan *Construction Site layout* melibatkan proses identifikasi, mengukur, dan mengatur posisi dari fasilitas – fasilitas sementara seperti pagar proyek, akses jalan, gudang material, kantor, tempat fabrikasi, fasilitas sanitasi, generator listrik, stok penggalan, dan *batch plant* (Khalafallah & El-Rayes, 2004). Penempatan fasilitas *site layout* ada 2 jenis yaitu *equal site layout* dan *unequal site layout*. *Equal site layout* adalah jumlah fasilitas sama dengan jumlah tempat yang tersedia, sedangkan *unequal site layout* adalah jumlah fasilitas tidak sama dengan jumlah tempat yang tersedia (Li & Love, 2000). Dua

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21413006@petra.ac.id

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21413009@petra.ac.id

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, effendy@petra.ac.id

<sup>4</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, prayogo@petra.ac.id

hal yang umum dipakai untuk mengoptimasi *construction site layout* adalah *total distance* (jarak total), dan frekuensi pekerja (Li & Love, 2000). *Total distance* merupakan jarak gabungan antar fasilitas – fasilitas sementara proyek, atau bisa disebut sebagai *total travelling distance* yang dilakukan oleh seorang pekerja di proyek (Li & Love, 2000). Frekuensi yang dimaksud adalah frekuensi pekerja di proyek. Dengan mengetahui frekuensi pekerja dan jarak antar fasilitas, kita bisa mencari *travelling distance* dengan persamaan berikut:

$$\text{Minimize Travelling Distance (TD)} = \sum_{m,i=1}^n d_{mi} * f_{mi} \quad (1)$$

dengan :

$n$  = jumlah fasilitas total

$f_{mi}$  = frekuensi perjalanan dari fasilitas  $m$  menuju  $i$

$d_{mi}$  = jarak dari fasilitas  $m$  menuju  $i$

*Objective function* atau fungsi objektif merupakan suatu fungsi yang akan dicapai dalam penelitian untuk dioptimalkan (Kurniawan, Unas, & Zacoeb, 2015). Perlu dicatat bahwa *total travelling distance* sebagai *objective function*, memudahkan mengintegrasikan waktu dan biaya menjadi satu pertimbangan. Karena waktu dan biaya adalah dua hal yang menjadi fokus utama proyek konstruksi, kami percaya bahwa ini sudah sesuai untuk menggunakan *objective function* ini sebagai optimasi masalah *site layout* (Li & Love, 2000).

## 2.2. Metaheuristic Algorithm

Metaheuristik sendiri merupakan sebuah algoritma yang sebagian besar terinspirasi oleh kejadian yang ada di alam, atau lebih dikenal dengan *nature-inspired algorithm*. Metode ini sendiri telah banyak diteliti untuk menyelesaikan berbagai macam permasalahan optimasi yang kompleks (M.-Y. Cheng, Prayogo, Ju, Wu, & Sutanto, 2016; M.-Y. Cheng, Firdausi, & Prayogo, 2014; M.-Y. Cheng, Prayogo, Wu, & Lukito, 2016; M.-Y. Cheng & Prayogo, 2016, 2017; M.-Y. Cheng, Wibowo, Prayogo, & Roy, 2015). Metode optimasi metaheuristik yang akan dipakai kali ini ada tiga, yaitu *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Artificial Bee Colony* (ABC), dan *Symbiotic Organisms Search Algorithm* (SOS).

### 2.2.1. Particle Swarm Optimization (PSO)

*Particle Swarm Optimization* adalah algoritma berbasis kecerdasan buatan yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan optimasi. Algoritma ini terinspirasi dari perilaku sosial kolektif dari kecerdasan koloni binatang, seperti burung dan ikan. Perilaku sosial ini berupa tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Setiap individu atau partikel berperilaku secara terdistribusi dengan cara menggunakan kecerdasannya sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya.

### 2.2.2. Artificial Bee Colony (ABC)

*Artificial Bee Colony* (ABC) merupakan kecerdasan buatan yang menirukan koloni lebah dalam mencari sumber nektar (sari bunga), diperkenalkan oleh Dervis Karaboga pada tahun 2005. Kemampuan koloni lebah dalam menentukan sumber makanan terbagi menjadi tiga kelompok yaitu lebah pekerja, lebah penjelajah dan lebah pengintai. lebah-lebah ini melakukan suatu fungsi untuk menentukan letak dan besar suatu sumber nektar kemudian mengingat dan membandingkan dengan sumber lain. Pada akhir fungsi dipilih suatu lokasi dengan sumber nektar yang paling optimal (Karaboga, 2005). Dua konsep dasar untuk kinerja kolektif konsep *swarm* disajikan dibawah ini, yaitu *self organization* dan pembagian kerja.

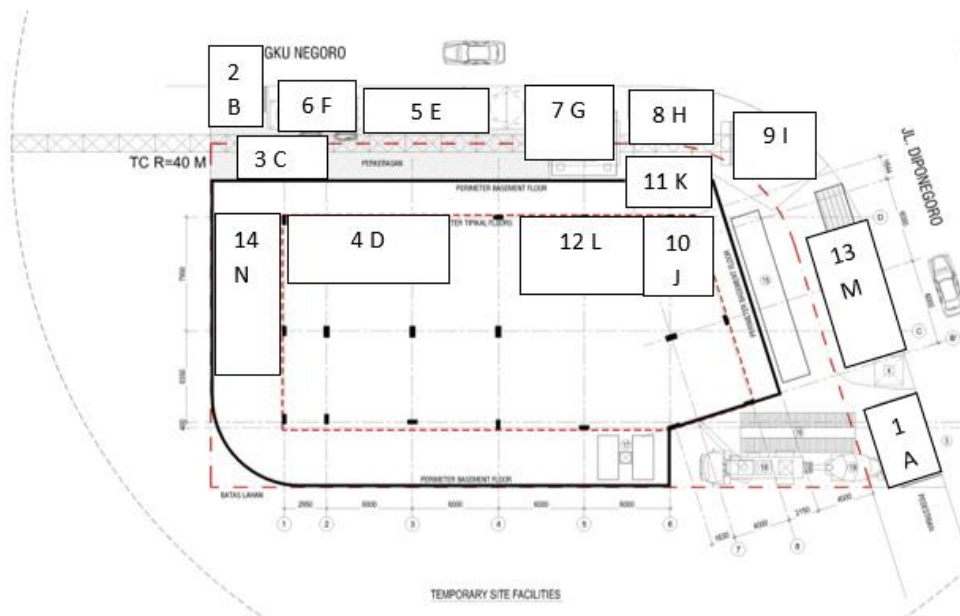
### 2.2.3 Symbiotic Swarm Optimization (SOS)

*Symbiotic Organisms Search* adalah salah satu metode yang sangat menjanjikan dalam perkembangan terbaru di bidang algoritma metaheuristik. Secara umum, organisme mengembangkan hubungan simbiosis sebagai strategi untuk beradaptasi dengan perubahan dalam lingkungan mereka (M.-Y. Cheng & Prayogo, 2014; Prayogo, 2015). Menurut Cheng dan Prayogo (2014), tiga siklus yang dipakai meniru tiga hubungan simbiosis antar organisme, yaitu *mutualism phase*, *commensalism phase*, dan *parasitism phase*. SOS sudah banyak dipakai untuk optimasi dalam banyak penelitian (M.-Y. Cheng et al., 2014; M.-Y. Cheng & Prayogo, 2016; M.-Y. Cheng, Prayogo, & Tran, 2016; Prayogo, Cheng, & Prayogo, 2017; Tran, Cheng, & Prayogo, 2016).

## 3. HASIL DAN PENELITIAN

### 3.1. Identifikasi Construction Site Layout

Dari Proyek “Great Hotel Diponegoro” Surabaya yang di jadikan model studi kasus untuk penelitian ini, Proyek “Great Hotel Diponegoro” Surabaya merupakan proyek pembangunan hotel yang terdiri dari 11 lantai dan 1 *basement*. Saat kami meninjau ke proyek tersebut, proyek sedang dalam fase struktur utama. Saat kami berada di sana untuk mengumpulkan data proyek sudah berjalan sudah sampai ke lantai 8, kami mengumpulkan data selama 6 minggu pada lokasi proyek tersebut. Dari hasil pengamatan kami, terdapat 14 fasilitas di dalam proyek seperti pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Letak Fasilitas – Fasilitas Pada Proyek Great Hotel Diponegoro**

Keterangan :

- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| A. Main Gate ( <i>Fixed</i> )   | H. Toilet Pekerja                  |
| B. Side Gate ( <i>Fixed</i> )   | I. Sumber Listrik ( <i>Fixed</i> ) |
| C. Pos Penjaga                  | J. Pos P3K                         |
| D. Kantor                       | K. Gudang Material                 |
| E. Toilet Pekerja               | L. Barak Pekerja                   |
| F. Tempat Wiremesh              | M. Tempat Fabrikasi Tulangan       |
| G. Tower Crane ( <i>Fixed</i> ) | N. Tempat Bekisting Kolom          |

### 3.2. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan untuk mendapatkan data – data seperti pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**. Proses pengumpulan data frekuensi pekerja dilakukan secara pengamatan secara langsung dilapangan selama

dua jam perhari dan melakukan sampling terhadap dua pekerja perhari, kemudian data tersebut akan direkap pada akhirnya, untuk validasi data yang diperoleh tersebut, dilakukan wawancara terhadap *site manager*.

**Tabel 1. Jarak antar Lokasi**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	65	60	43	38	37	25	17	10	8	11	17	0	51
2	65	0	7	14	15	7	23	33	51	45	40	36	47	15
3	60	7	0	7	12	4	20	30	43	37	31	28	45	8
4	43	14	7	0	9	9	12	23	26	20	15	11	32	6
5	38	15	12	9	0	2	4	14	22	23	15	14	34	18
6	37	7	4	9	2	0	8	18	26	25	19	18	35	12
7	25	23	20	12	4	8	0	2	10	10	6	10	12	28
8	17	33	30	23	14	18	2	0	8	9	5	13	10	38
9	10	51	43	26	22	26	10	8	0	12	5	15	1	42
10	8	45	37	20	23	25	10	9	12	0	1	9	6	36
11	11	42	34	15	15	19	6	5	5	1	0	6	4	36
12	17	36	28	11	14	18	10	13	15	9	6	0	15	27
13	0	47	45	32	34	35	12	10	1	6	4	15	0	51
14	51	15	8	6	18	12	28	38	42	36	36	27	51	0

**Tabel 2. Frekuensi antar Fasilitas**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	1	1	1	30	1	1	1	3	15	2	2	0
C	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
D	0	1	1	0	3	1	1	1	1	2	2	3	2	2
E	0	1	0	3	0	0	1	0	0	2	0	4	0	0
F	0	30	0	1	0	0	0	1	0	4	2	4	4	0
G	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
H	0	1	1	1	0	1	1	0	1	2	2	2	2	2
I	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
J	0	3	1	2	2	4	1	2	0	0	3	3	2	2
K	0	15	1	2	0	2	0	2	3	3	0	2	15	2
L	0	2	1	3	4	4	1	2	3	3	2	0	2	2
M	0	2	1	2	0	4	0	2	2	2	15	2	0	0
N	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0

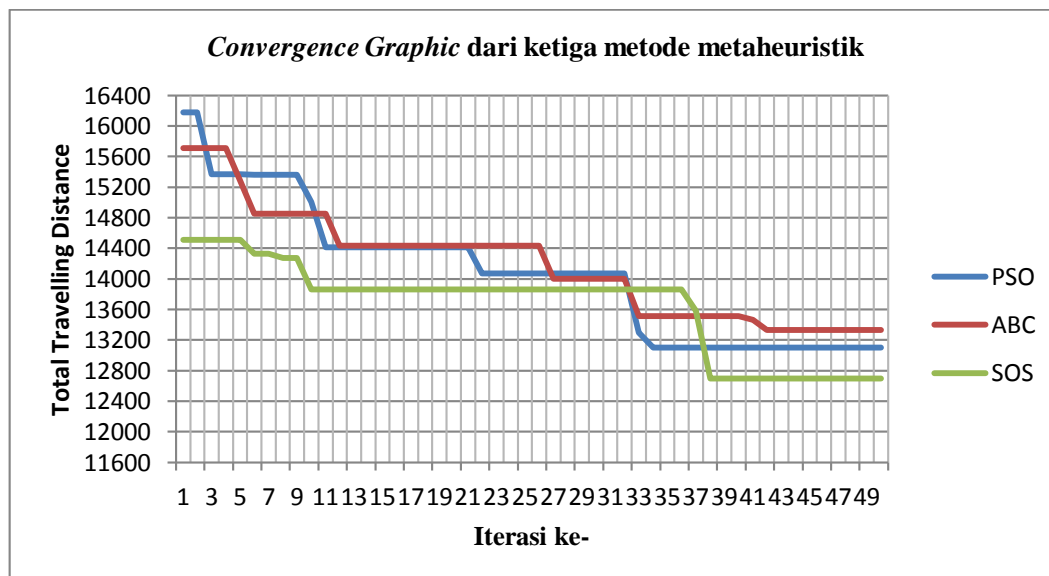
### 3.3. Hasil Site Layout Optimal Proyek

Data-data yang telah terkumpul pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** kemudian akan di masukkan ke dalam program yang telah dibuat. Selanjutnya hasil dari setiap metode akan di dibandingkan untuk menilai kinerja masing-masing metode dan memperoleh *site layout* optimal untuk proyek ini. Pada studi kasus ini akan digunakan parameter-parameter pada **Tabel 3** untuk setiap metodenya.

**Tabel 3. Parameter yang Digunakan pada Metode Metaheuristic Algoritma**

	PSO	ABC	SOS
popsize	100	100	100
iterasi	50	50	50
variabel	14	14	14
faktor perubahan posisi partikel	w=1		
	c1=1		
	c2=2		

Dari hasil perbandingan kinerja metode seperti pada grafik di **Gambar 2**, metode SOS merupakan metode yang yang terbaik, karena dari hasil awal inisiasi memberikan hasil terkecil dan hasil *site layout* yang paling optimal daripada 2 metode yang lainnya. Setelah dilakukan *run* sebanyak 40 kali, dari hasil dari ketiga metode yang digunakan yaitu PSO, SOS dan ABC, ditemukan hasil seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4**.



**Gambar 2. Hasil Perbandingan dari Ketiga Metode**

**Tabel 4. Perbandingan Hasil Total Travelling Distance dari Ketiga Metode**

	PSO	ABC	SOS
Min	12.328 ft	12.232 ft	<b>11.560 ft</b>
Max	14.944 ft	14.000 ft	<b>13.632 ft</b>
Rata-rata	13.348,8 ft	13.268,4 ft	<b>12.634,8 ft</b>
Standard Deviasi	639,525 ft	469,658 ft	<b>463,8463 ft</b>

Metode SOS merupakan metode yang terbaik karena metode SOS memberikan hasil yang terbaik karena memberikan hasil yang paling optimal dari setiap kategori yang ada, terutama nilai *objective function* yang paling kecil, yaitu 11.560 ft. Letak fasilitas pada lokasi yang baru ditunjukkan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5. Letak Fasilitas setelah Optimasi**

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

### 3.4. Penambahan *Constraint*

Dengan hasil dari program sebelumnya menunjukkan bahwa metode SOS adalah metode yang terbaik. Oleh karena itu, untuk mencari *site layout* yang dapat diterapkan di lapangan pada proyek ini, maka akan digunakan metode SOS dan akan dilakukan penambahan *constraint* atau hambatan yang di sesuaikan pada keadaan di lapangan pada saat ini (pada fase pengerjaan struktur). *Constraint* yang akan ditambahkan seperti pada **Tabel 6**.

**Tabel 6. Penambahan *Constraint* pada Beberapa Fasilitas**

sebelum penambahan <i>constraint</i>	sesudah penambahan <i>constraint</i>
A. <i>Main Gate (Fixed)</i>	A. <i>Main Gate (Fixed)</i>
B. <i>Side Gate (Fixed)</i>	B. <i>Side Gate (Fixed)</i>
C. Pos penjaga	C. Pos penjaga**
D. Kantor	D. Kantor
E. Toilet pekerja	E. Toilet pekerja
F. Tempat <i>wiremesh</i>	F. Tempat <i>wiremesh</i> *
G. <i>Tower crane (Fixed)</i>	G. <i>Tower crane (Fixed)</i>
H. Toilet pekerja	H. Toilet pekerja
I. Sumber Listrik ( <i>Fixed</i> )	I. Sumber Listrik ( <i>Fixed</i> )
J. Pos P3K	J. Pos P3K
K. Gudang Material	K. Gudang Material
L. Barak Pekerja	L. Barak Pekerja
M. Tempat Fabrikasi Tulangan	M. Tempat Fabrikasi Tulangan*
N. Tempat Bekisting Kolom	N. Tempat Bekisting Kolom*

Keterangan :

\*= tidak dapat berada di dalam *area* bangunan (lokasi 4,10,11 dan 12).

\*\*= hanya dapat berada di lokasi 3 atau 5 atau 6.

Fasilitas tempat *wiremesh*, tempat fabrikasi tulangan dan tempat bekisting kolom tidak dapat didalam *area* bangunan karena fasilitas-fasilitas tersebut untuk tempat barang-barang yang akan di transportasikan menggunakan *tower crane*. Fasilitas pos penjaga harus berada di dekat *side gate* karena untuk melakukan fungsinya, yaitu melakukan penjagaan terhadap proyek dan mengatur lalu lintas dari transportasi alat dan bahan yang akan masuk ke dalam lokasi proyek. Setelah melakukan 30 kali *run* metode SOS, hasil yang paling optimal adalah 16.528 ft, dengan lokasi fasilitas pada **Tabel 7**.

**Tabel 7. Lokasi Fasilitas Optimal setelah Penambahan *Constraint***

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

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode SOS adalah metode metaheuristik yang terbaik karena menemukan hasil yang teroptimal. Penambahan *constraint* pada program yang dijalankan dan menggunakan metode SOS sebagai metode algoritma metaheuristik yang terbaik, Metode SOS memberikan total jarak tempuh sejauh 16.528 ft yang 29% lebih pendek daripada keadaan asli di lapangan yaitu sejauh 22.992 ft. Hasil *site layout* ini dapat menjadi masukan untuk *site manager* dalam menentukan bentuk dari *site layout* berikutnya pada proyek yang serupa. Untuk penelitian berikutnya dapat melakukan pendekatan terhadap gerak vertikal dari pekerja dan atau barang, karena gerak vertikal pada saat ini lebih banyak di gunakan karena lebih efisien. Selain itu, juga dapat melakukan pendekatan terhadap biaya dari proyek terhadap posisi *site layout* yang ada karena biaya sering kali menjadi pertimbangan yang paling penting dalam penentuan posisi *site layout*. Optimasi dari peletakan *tower crane* juga sebaiknya di perhitungkan dalam penelitian-penelitian berikutnya karena pada saat ini posisi dari *tower crane* sangat mempengaruhi aktivitas-aktivitas pada proyek. Penambahan *objective function* menjadi dua atau lebih juga bisa dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih lengkap, seperti *Safety Index* (SI), dan biaya.

#### 5. DAFTAR REFERENSI

- Cheng, M.-Y., Chiu, C.-K., Chiu, Y.-F., Wu, Y.-W., Syu, Z.-L., Prayogo, D., & Lin, C.-H. (2014). SOS Optimization Model for Bridge Life Cycle Risk Evaluation and Maintenance Strategies. *Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering*, 26(4), 293–308.
- Cheng, M.-Y., & Prayogo, D. (2016). Modeling the Permanent Deformation Behavior of Asphalt Mixtures Using a Novel Hybrid Computational Intelligence. *ISARC 2016 - 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, (Isarc).
- Cheng, M.-Y., Prayogo, D., Ju, Y.-H., Wu, Y.-W., & Sutanto, S. (2016). Optimizing Mixture Properties of Biodiesel Production Using Genetic Algorithm-Based Evolutionary Support Vector Machine. *International Journal of Green Energy*, 13(15).
- Cheng, M.-Y., Prayogo, D., & Tran, D.-H. (2016). Optimizing Multiple-Resources Leveling in Multiple Projects Using Discrete Symbiotic Organisms Search. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30(3), 4015036.
- Cheng, M.-Y., Wibowo, D. K., Prayogo, D., & Roy, A. F. V. (2015). Predicting Productivity Loss Caused by Change Orders Using The Evolutionary Fuzzy Support Vector Machine Inference Model. *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(7), 881–892.
- Cheng, M. Y., Firdausi, P. M., & Prayogo, D. (2014). High-Performance Concrete Compressive Strength Prediction Using Genetic Weighted Pyramid Operation Tree (GW POT). *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 29, 104–113.
- Cheng, M. Y., & Prayogo, D. (2014). Symbiotic Organisms Search: A New Metaheuristic Optimization Algorithm. *Computers and Structures*, 139, 98–112.
- Cheng, M. Y., & Prayogo, D. (2016). Fuzzy Adaptive Teaching-Learning-Based Optimization for Global Numerical Optimization. *Neural Computing and Applications*, pp. 1–19.
- Cheng, M. Y., & Prayogo, D. (2017). A Novel Fuzzy Adaptive Teaching-Learning-Based Optimization (FATLBO) for Solving Structural Optimization Problems. *Engineering with Computers*, 33(1), 55–69.
- Cheng, M. Y., Prayogo, D., Wu, Y. W., & Lukito, M. M. (2016). A Hybrid Harmony Search Algorithm for Discrete Sizing Optimization of Truss Structure. *Automation in Construction*, 69, 21–33.

- Karaboga, D. (2005). An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization. *Technical Report TR06, Erciyes University*, (TR06), 10.
- Khalafallah, A., & El-Rayes, K. (2004). Safety and Cost Considerations in Site Layout Planning. *Housing and Building Research Centre Journal*, 1(1), 141–150.
- Kurniawan, D., Unas, S. El, & Zacoeb, A. (2015). Optimasi Site Layout Menggunakan Multi-Objectives Function (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Graha Rektorat Universitas Negeri Malang Tahap III). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya*.
- Li, H., & Love, P. E. D. (2000). Genetic Search for Solving Construction Site-Level Unequal-Area Facility Layout Problems. *Automation in Construction*, 9(2), 217–226.
- Papadaki, I. N., & Chassiakos, A. P. (2016). Multi-objective Construction Site Layout Planning Using Genetic Algorithms. *Procedia Engineering*, 164(June), 20–27.
- Prayogo, D., Cheng, M.-Y., & Prayogo, H. (2017). A Novel Implementation of Nature-Inspired Optimization for Civil Engineering: A Comparative Study of Symbiotic Organisms Search. *Civil Engineering Dimension*, 19(1), 36–43.
- Prayogo, D. (2015). An Innovative Parameter-Free Symbiotic Organisms Search (SOS) for Solving Construction-Engineering Problems. *PhD Thesis, National Taiwan University of Science and Technology*.
- Tran, D. H., Cheng, M. Y., & Prayogo, D. (2016). A Novel Multiple Objective Symbiotic Organisms Search (MOSOS) for Time-Cost-Labor Utilization Tradeoff Problem. *Knowledge-Based Systems*, 94, 132–145.