

## OPTIMASI FLUKTUASI *RESOURCE* PADA PROYEK PERUMAHAN X YANG MENGGUNAKAN METODE PENJADWALAN *LINE OF BALANCE* DENGAN ALGORITMA *SYMBIOTIC ORGANISMS SEARCH*

Vania Regina Husada<sup>1</sup>, Doddy Prayogo<sup>2</sup> dan Lie Arijanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

<sup>2</sup> Dosen Program Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

<sup>1</sup> b21210023@john.petra.ac.id, <sup>2</sup> prayogo@petra.ac.id, <sup>3</sup> arijanto\_lie@yahoo.com

**ABSTRAK:** Penjadwalan proyek merupakan aspek penting penentu keberhasilan proyek konstruksi. *Line of Balance* (LOB) merupakan salah satu metode penjadwalan yang paling sering digunakan untuk proyek repetitif. Alokasi *resource* yang terlalu fluktuatif dalam penjadwalan LOB merupakan salah satu permasalahan dalam penjadwalan proyek. *Resource leveling* merupakan teknik untuk meratakan fluktuasi *resource*. Teknik ini biasanya dilakukan dengan *trial and error* yang prosesnya cukup lama. Sebagai metode alternatifnya, digunakan metode metaheuristik *Symbiotic Organisms Search* (SOS) untuk memperoleh penjadwalan proyek yang memiliki fluktuasi *resource* paling minimum dengan durasi penyelesaian proyek tetap. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah proyek perumahan X di Sidoarjo dengan 15 aktivitas proyek dengan durasi dan *man per gang* tiap aktivitas per kelompok unit. Tujuan penelitian adalah menghasilkan penjadwalan proyek yang memiliki fluktuasi *resource* minimum. Hasil akhir optimasi adalah penjadwalan proyek perumahan dengan fluktuasi *resource* lebih minimum dibandingkan data proyek sesungguhnya yang dibuktikan dengan *objective function* hasil optimasi yang lebih rendah.

Kata kunci: *line of balance*, metaheuristik, *resource leveling*, optimasi, *resource*

**ABSTRACT:** *Project scheduling is an important aspect of determining the success of a construction project. Line of Balance (LOB) is one of the most frequently used scheduling methods for repetitive projects. Resource allocation that is too volatile in LOB is one of the problems. Resource leveling is technique for leveling resource fluctuations. This technique is usually done by trial and error which is a long process. As an alternative method, the Symbiotic Organisms Search (SOS) metaheuristic method is used to obtain a project schedule with minimum resource fluctuations and fixed project completion duration. The case study used is housing project X in Sidoarjo with 15 activities with duration and man per gang. The objective is to produce project schedule with minimum resource fluctuations. The final result is the scheduling of housing projects with minimum resource fluctuations compared to the actual project data as evidenced by the lower optimization result objective function.*

Keywords: *line of balance*, metaheuristic, *resource leveling*, optimization, *resource*

## 1. PENDAHULUAN

Penjadwalan proyek merupakan salah satu hal penting sebagai penentu keberhasilan suatu proyek. *Line of Balance* (LOB) merupakan salah satu metode yang paling sesuai untuk proyek yang bersifat repetitif seperti proyek perumahan. Namun *resource* yang dihasilkan dari penjadwalan LOB biasanya sangat fluktuatif. Untuk mengatasi terjadinya fluktuasi *resource*, salah satu metode yang paling lazim digunakan adalah *resource leveling*. *Resource leveling* merupakan suatu teknik penjadwalan yang bertujuan mengurangi fluktuasi *resource* selama proyek berlangsung. Terdapat beberapa rumusan yang digunakan dalam *resource leveling* yang dimana masing-masingnya memberikan wawasan penting bagi manajemen agar dapat mengefisienkan penggunaan *resource* dalam proyek (Damci & Polat, 2014). Metode optimasi akan mempermudah kontraktor dalam merencanakan penjadwalan LOB yang memiliki *resource* yang tidak fluktuatif dengan tetap memperhatikan *constraint* yang ada. Pada penelitian terdahulu, metode analitik seperti *linear programming* dan *gradient-based method* sering digunakan dalam proses optimasi. Namun karena beberapa kelemahan yang ada, maka diperlukan adanya alternatif metode optimasi yang mampu mengatasi permasalahan yang lebih rumit, yaitu metode metaheuristik seperti *Symbiotic Organisms Search* (SOS) (Cheng & Prayogo, 2014).

Damci et al. (2013) telah melakukan *resource leveling* pada proyek perpipaan dengan metode penjadwalan LOB. Optimasi ini dilakukan dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm*. Sementara Darange & Sonawane (2019) telah melakukan penelitian LOB pada proyek perumahan dengan metode trial and error. Kedua penelitian ini berhasil menemukan metode penjadwalan yang paling optimal untuk masing-masing kasusnya. Namun, belum ada penelitian yang melakukan kombinasi diantara keduanya yaitu *resource leveling* pada proyek perumahan dengan metode LOB. Penelitian ini akan menggunakan SOS untuk melakukan *resource leveling* pada proyek perumahan dengan metode penjadwalan LOB yang menghasilkan fluktuasi *resource* yang minimum. Diharapkan dengan adanya optimasi ini, kontraktor akan lebih mudah dalam melakukan penjadwalan pada proyek perumahan dan tentunya dengan penggunaan *resource* yang optimal dan efisien.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Line of Balance

*Line of Balance* (LOB) adalah metode penjadwalan yang cocok digunakan untuk pekerjaan yang bersifat repetitive dari jumlah unit massal. Metode LOB ini pertama kali dikembangkan untuk proses perencanaan dan control manufaktur di awal 1940-an (Mendes & Heineck, 1998). Kemudian mendapatkan perhatian peneliti konstruksi dan profesional karena dapat digunakan pada proyek konstruksi yang melibatkan rangkaian kegiatan yang berulang. Sehingga sampai sekarang metode LOB ini digunakan pada banyak proyek konstruksi seperti proyek perumahan, bangunan bertingkat, Konstruksi jalan, dan semua proyek yang rangkaian pekerjaannya berulang (Cooeke & Williams, 2013).

Tujuan metode ini adalah untuk merencanakan dan mengatur alokasi *resource* sesuai dengan target proyek yang ingin dicapai selain itu kontraktor dapat mengatur dan mempercepat atau memperlambat proyek sesuai kebutuhan. Kelebihan LOB adalah dapat menampilkan

informasi mengenai laju produksi dan durasi yang ditampilkan secara grafis sehingga mudah dibaca dan dipahami (Yang & Ioannou, 2004) dan dapat diatur jumlah *resource*-nya sehingga dapat mencapai *handover rate* yang diinginkan (Cooke & Williams, 2013).

Kebutuhan *resource* untuk 1 unit (*man days per unit*) dapat diperoleh melalui rumus berikut:

$$\text{Man Days per Unit} = \text{Durasi Aktivitas} \times \text{Man per gang} \quad (1)$$

Banyaknya total *resource* yang diperlukan dalam satu aktivitas dapat diperoleh dengan menghitung *Theoretical Gang Size* dan *Actual Gang Size*. *Theoretical Gang Size* adalah teori jumlah *resource* berdasarkan *handover rate*.

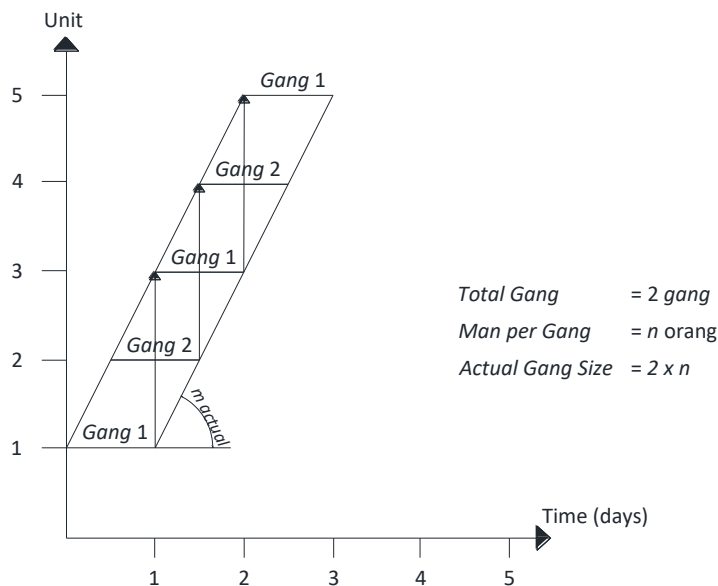
$$\text{Theoretical Gang Size} = \text{Handover rate (m)} \times \text{Man Days per Unit} \quad (2)$$

Dalam penerapannya di lapangan, digunakan *Actual Gang Size* yang dihitung berdasarkan *Theoretical Gang Size*. *Actual Gang Size* merupakan *multiple* angka dari jumlah *resource* yang mendekati *Theoretical Gang Size*, dimana angka *multiply* harus lebih dari nilai 1 dan berwujud bilangan bulat. Dari perhitungan ini dapat diperoleh *total gang* yang diperlukan dalam pengerjaan aktivitas.

$$\text{Total Gang} = \text{Actual Gang Size} : \text{Man per Gang} \quad (3)$$

*Theoretical Gang Size* dan *Actual Gang Size* memberikan pengaruh pada *handover rate actual* (*m actual*) pada grafik LOB. Hubungan *Theoretical Gang Size* dan *Actual Gang Size* terhadap *m actual* dapat terlihat pada Persamaan 4. Sedangkan, ilustrasi mengenai hubungan- hubungan pada LOB dapat dilihat pada Gambar 1.

$$m \text{ actual} = \frac{\text{Actual gang size}}{\text{Theoretical gang size}} \times m \quad (4)$$



Gambar 1. Ilustrasi *resource* pada LOB

## 2.2 Formulasi Permasalahan Optimasi

*Resource leveling* atau yang biasa dikenal dengan pemerataan *resource* merupakan teknik yang digunakan untuk menyesuaikan *start* dan *finish* masing-masing aktivitas proyek dengan tujuan meratakan kebutuhan *resource* per waktu tanpa menambah durasi proyek. Dengan adanya *resource leveling* ini, diharapkan dapat mengurangi fluktuasi *resource* yang diperlukan dengan mengatur *handover rate* dan tetap memperhatikan durasi proyek yang ada.

Untuk variabel yang digunakan adalah *total gang size* untuk masing-masing pekerjaan konstruksi. Variabel ini dibatasi oleh *upper bound* dan *lower bound*. Sedangkan constraint yang digunakan antara lain *logical dependency constraint*, *crew synchronization constraint*, dan *project completion constraint*. *Objective function* pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 (Popescu, 1976).

Tabel 1. *Objective function*

<b>Objective function</b>	<b>Kriteria Optimasi</b>	<b>Sumber</b>	<b>Rumusan</b>
1	Minimalisasi jumlah kuadrat deviasi penggunaan <i>resource</i> antar interval waktu	Popescu (1976)	$Z = \min \sum_{i=1}^T (Rdev_i)^2$
2	Minimalisasi jumlah kuadrat deviasi penggunaan <i>resource</i> pada suatu waktu dengan rata-rata penggunaan <i>resource</i>	Popescu (1976)	$Z = \min \sum_{i=1}^T (R_i - Arr)^2$

Proses optimasi pada penelitian ini menggunakan algoritma SOS yang dikenalkan oleh Cheng & Prayogo (2014). SOS ini mensimulasikan interaksi simbiotik dalam hubungan organisme berpasangan yang digunakan untuk mencari organisme yang paling sesuai. Terdapat 3 fase yang digunakan yaitu fase mutualisme, fase komensalisme, dan fase parasitisme. Di mana pada fase mutualisme penerapannya adalah iterasi baru dapat menggantikan iterasi yang lama apabila diperoleh hasil yang lebih baik kemudian digunakan dalam fase komensalisme lalu fase parasitisme.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan studi literatur dari jurnal dan penelitian terdahulu mengenai LOB, *resource leveling*, dan metode metaheuristik yaitu SOS. Setelah itu dilakukan pengumpulan data berupa jadwal aktivitas dan kebutuhan *resource* per aktivitas. Dikarenakan pengerjaan pembangunan di lapangan dilakukan secara paralel tiap 8 unit rumah maka data yang diperoleh berupa data per 8 unit rumah. Dimana dalam penelitian ini, 8 unit rumah disebut sebagai 1 kelompok unit. Data yang diperoleh ini digunakan dalam pemodelan LOB untuk proses *resource leveling* dengan program MATLAB R2020a. *Objective function* yang digunakan adalah kombinasi kedua *objective function* dari Tabel 1 dengan metode *weighted sum*. Proses penelitian diulangi sebanyak 30 kali untuk memastikan validitas program algoritma. Selanjutnya dilakukan analisa dari hasil optimasi tersebut dan dilakukan pembahasan terhadap hasil optimasi yang dituangkan dalam bentuk laporan.

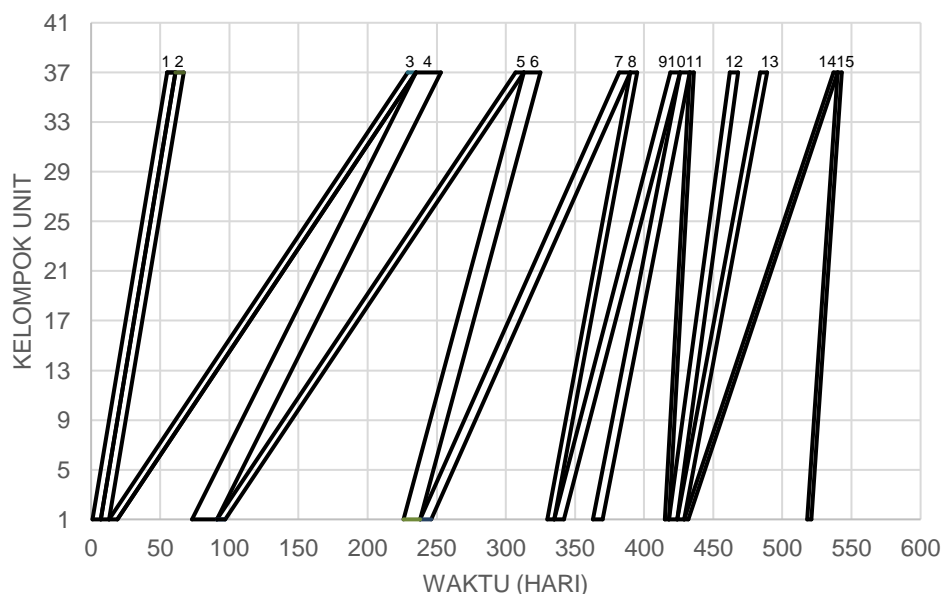
## 4. HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 Studi Kasus Penelitian

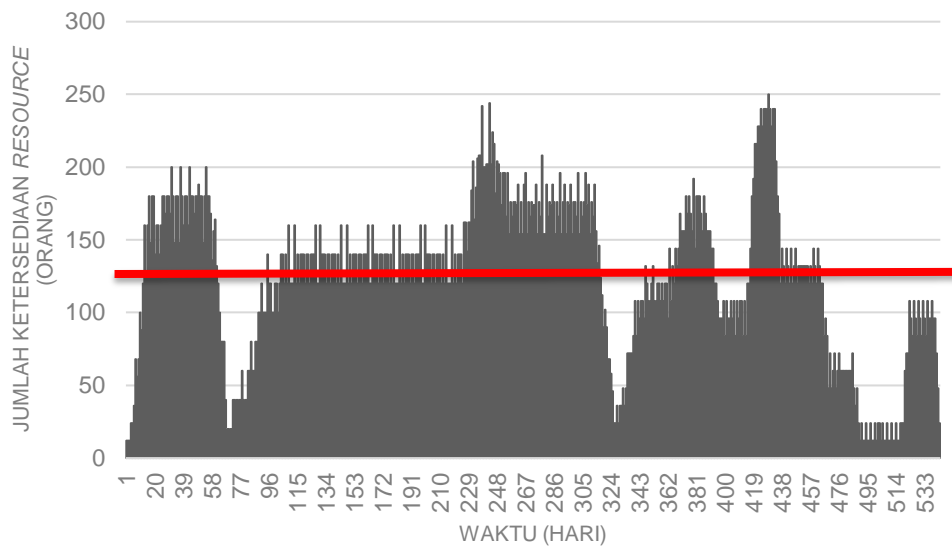
Penelitian ini menggunakan data proyek perumahan tipe 36 dengan jumlah 296 unit yang telah selesai dilaksanakan seluruhnya selama 544 hari. Dalam konstruksi 1 unit rumah tipe 36, terdapat 15 item pekerjaan yang perlu dilakukan, antara lain:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan tanah dan pondasi batu kali
3. Pekerjaan struktur bawah (sloof dan kolom)
4. Pekerjaan pemasangan bata
5. Pekerjaan struktur atas (balok dan ring balok)
6. Pekerjaan atap
7. Pekerjaan plester acian
8. Pekerjaan plumbing
9. Pekerjaan finishing lantai
10. Pekerjaan cat
11. Pekerjaan plafond
12. Pekerjaan pintu jendela
13. Pekerjaan elektrikal
14. Pekerjaan sanitasi
15. Pekerjaan pembersihan

Pengumpulan data mengenai durasi dan jumlah sumber daya masing-masing aktivitas dilakukan melalui wawancara kepada pihak kontraktor. Hal ini dilakukan agar durasi dan jumlah sumber daya masing-masing aktivitas dapat menyerupai kondisi proyek sesungguhnya. Dalam pelaksanaan di lapangan, pengerjaan pembangunan 8 unit rumah dilakukan secara paralel alias pengelompokkan unit. Grafik LOB berdasarkan data proyek dapat dilihat pada Gambar 2. Sementara grafik alokasi *resource*-nya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. LOB berdasarkan data proyek



Gambar 3. Alokasi *resource* berdasarkan data proyek

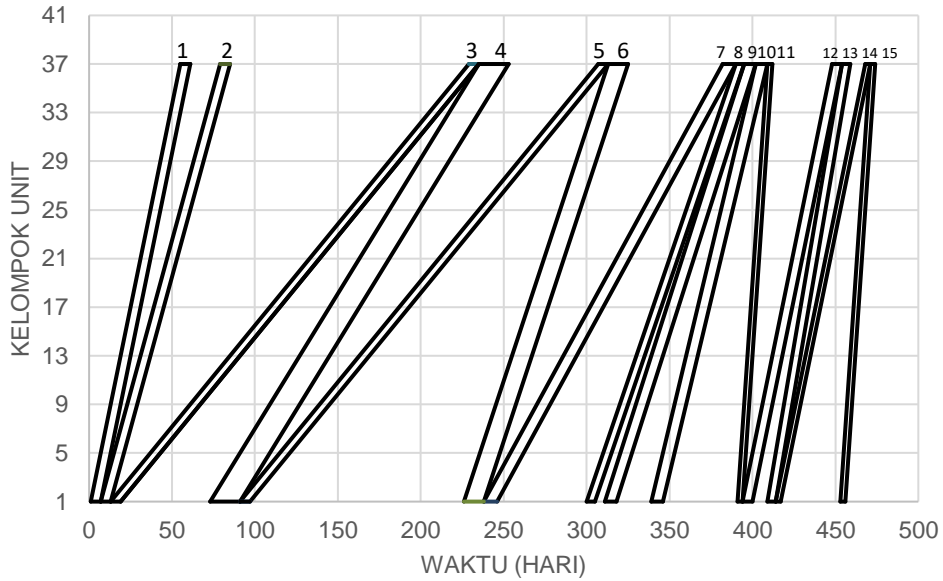
Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, didapatkan *objective function* sebesar 260,561 dengan durasi proyek sebesar 544 hari. *Objective function* ini menggambarkan fluktuasi *resource* yang terjadi di proyek. Dengan *objective function* yang semakin besar, maka fluktuasi *resource* di proyek juga semakin besar. Berdasarkan data yang ada, didapatkan rata-rata alokasi *resource* sebesar 125.5 orang per hari dan standar deviasi sebesar 53.4 orang.

#### 4.2 Hasil Optimasi

Untuk mendapatkan hasil yang paling konsisten dan akurat dari algoritma metaheuristik yang digunakan, dilakukan tiga puluh kali simulasi pada proses optimasi. Berdasarkan pada hasil optimasi, diperoleh *objective function* paling minimum sebesar 160,247 dengan durasi proyek 474 hari. Dari 30 kali percobaan, diambil hasil terbaik yaitu variabel (*total gang*) yang menghasilkan fluktuasi *resource* yang paling minimum yang dapat dilihat pada Tabel 2. Sementara grafik LOB yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.

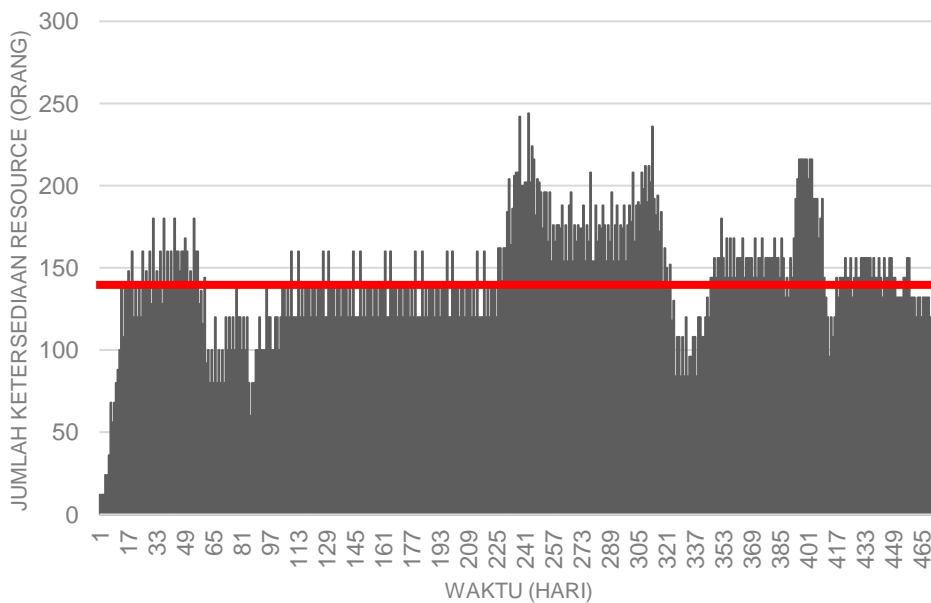
Tabel 2. Hasil Optimasi SOS

Pekerjaan	Total Gang (F)
1	4
2	3
3	1
4	4
5	1
6	5
7	2
8	2
9	3
10	4
11	6
12	4
13	4
14	2
15	6



Gambar 4. LOB sesudah optimasi

Berdasarkan hasil optimasi yang paling minimum, didapatkan grafik alokasi *resource* seperti pada Gambar 5 dengan *objective function* sebesar 160,247 dengan durasi proyek sebesar 474 hari. Berdasarkan data yang ada, didapatkan rata-rata alokasi *resource* sebesar 143.8 orang per hari dan standar deviasi sebesar 34.8 orang.



Gambar 5. Alokasi *resource* sesudah optimasi

Dari Gambar 3 dan Gambar 5, terlihat perbedaan fluktuasi alokasi *resource* sebelum dilakukan optimasi dan sesudah dilakukan optimasi. Terjadi penurunan *objective function* dari data sebelum optimasi yaitu 260,561 menjadi 160,247 setelah dioptimasi. Dengan adanya penurunan *objective function*, maka fluktuasi *resource* dalam penjadwalan proyek juga semakin menurun. Perubahan juga terjadi pada durasi proyek dari yang semula 544 hari kemudian mengalami penurunan menjadi 474 hari dengan rata-rata alokasi *resource* semakin

meningkat dari yang semula 125.5 orang per hari menjadi 143.8 orang per hari. Hal ini berarti hasil optimasi lebih mengoptimalkan penggunaan *resource* yang tersedia yang dibuktikan dengan durasi proyek yang lebih singkat dengan rata-rata alokasi resource yang lebih tinggi.

## 5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, SOS dapat menghasilkan penjadwalan proyek perumahan X yang memiliki grafik LOB dengan fluktuasi resource yang lebih minimum dibandingkan dengan data proyek yang ada. Hasil yang diperoleh terjadi penurunan *objective function* sebesar 38.4% dengan durasi penyelesaian proyek yang lebih cepat 70 hari dari data proyek yang ada. Durasi penyelesaian proyek semula yaitu 544 hari dan berubah menjadi 474 hari setelah dilakukan proses optimasi.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Cheng, M. Y., & Prayogo, D. (2014). "Symbiotic Organisms Search: A New Metaheuristic Optimization Algorithm". *Computers & Structures*, 139, 98-112.
- Cooke, B., & Williams, P. (2013). *Construction Planning, Programming and Control*. John Wiley & Sons.
- Damci, A., Arditi, D., & Polat, G. (2013). "Resource Leveling in Line-of-Balance Scheduling". *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 28(9), 679-692.
- Damci, A., & Polat, G. (2014). "Impacts of Different *Objective Functions* on Resource Leveling in Construction Projects: A Case Study". *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(4), 537-547.
- Darange, A. S., & Sonawane, M. B. (2019). "Planning and Scheduling of Low Income Housing Scheme Project by Line of Balancing Method". *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(11), 268-282.
- Mendes Jr, R., & Heineck, L. F. M. (1998, August). *Preplanning Method for Multi-Story Building Construction Using Line-of-Balance*.
- Popescu, C. M. (1976). *How to Use CPM in Practice. Part II: Resources*. University of Texas at Austin, Austin.
- Yang, I. T., & Ioannou, P. G. (2004). "Scheduling System with Focus on Practical Concerns in Repetitive Projects". *Construction Management and Economics*, 22(6), 619-630.