
**OPTIMALISASI LETAK TOWER CRANE TERHADAP WAKTU
SIKLUS PADA PROYEK Y****Satrio Mahardhika¹, Afrizal Nursin²**

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta,

Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 16425.

e-mail: satriomahardhika@gmail.com¹, afrizal.nursin@sipil.pnj.ac.id²**ABSTRACT**

In a construction project, there are various kinds of very complex activities. Therefore, heavy equipment, especially Tower Cranes is used to assist the work on the construction project. The layout of the Tower Crane must be considered because the optimal location of the Tower Crane will result in efficient cycle times and productivity values. Thus, the purpose of this study is to obtain the factors that must be considered in determining the location of the Tower Crane, and the location of the Tower Crane that is the most optimal and efficient in the project under review. In this study, 3 scenarios will be conducted according to the feasible area and the location of the Tower Crane closing to the building structure in under construction. Scenario 1, is the existing location in project Y. In scenario 2, the setting out of location of Tower Crane 1 is moved to coordinates (152.10; 43.30) and Tower Crane 2 is moved to coordinates (41.36; 29, 38). Scenario 3, the location of Tower Crane 2 is set to coordinates (36.60; 21.38). Analysis and comparison of the cycle time and productivity of Tower Crane were conducted on this paper. Result of the lowest total cycle time of 17277.32 minutes was obtained in scenario 3, 1048.53 minutes faster than the existing condition (scenario 1). In addition, the highest productivity value was obtained in scenario 3, with 5078.00 kg/hour for Tower Crane 1 and 5559.73 kg/hour for Tower Crane 2. From analysis performed for (3) three scenarios, Scenario 3 was also considered as the most optimal scenario based on several consideration factors in determining the location of the Tower Crane.

Keywords: Cycle Time, Optimization, Productivity, Scenario, Tower Crane.

ABSTRAK

Pada sebuah proyek konstruksi, terdapat berbagai macam kegiatan yang sangat kompleks. Oleh karena itu, digunakanlah alat berat Tower Crane untuk membantu pekerjaan pada proyek tersebut. Tower Crane harus diperhitungkan tata letaknya, karena letak Tower Crane yang optimal akan menghasilkan nilai waktu siklus dan produktivitas yang efisien. Sehubungan dengan itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan letak Tower Crane, dan titik letak dari Tower Crane yang paling optimal dan paling efisien pada proyek yang ditinjau. Pada penelitian ini akan dibentuk 3 buah skenario berdasarkan feasible area dan letak Tower Crane terhadap struktur bangunan yang akan dibangun. Skenario 1 tata letak Tower Crane merupakan skenario eksisting yang terdapat pada proyek Y. Pada skenario 2, letak dari Tower Crane 1 dipindahkan ke koordinat (152,10; 43,30) dan Tower Crane 2 dipindahkan ke koordinat (41,36; 29,38). Sedangkan pada skenario 3, letak dari Tower Crane 2 dipindahkan ke koordinat (36,60; 21,38). Selanjutnya, akan dilakukan analisis dan perbandingan terhadap nilai waktu siklus dan produktivitas dari Tower Crane. Dengan demikian, diperoleh hasil dari nilai total waktu siklus terendah sebesar 17277,32 menit pada skenario 3, dengan selisih 1048,53 menit jika dibandingkan dengan kondisi eksisting (skenario 1). Selain itu, nilai produktivitas terbesar berhasil diperoleh pada skenario 3, yaitu sebesar 5078,00 kg/jam pada Tower Crane 1 dan 5559,73 kg/jam pada Tower Crane 2. Skenario 3 juga dinilai sudah optimal jika ditinjau berdasarkan faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan letak Tower Crane.

Kata kunci: Optimalisasi, Produktivitas, Skenario, Tower Crane, Waktu Siklus.

PENDAHULUAN

Pada sebuah proyek konstruksi, terdapat berbagai macam jenis kegiatan yang sangat kompleks. Oleh karena itu, digunakanlah alat berat untuk membantu sumber daya manusia dalam melaksanakan suatu pekerjaan pada proyek konstruksi, sehingga tujuan dari suatu proyek konstruksi dapat tercapai dengan mudah dan waktu yang digunakan relatif lebih singkat [1]. *Tower Crane* dapat digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan kegiatan seperti penggalian, pengangkutan, pemindahan, dan seterusnya dengan cara mudah, cepat, hemat, namun tetap mengutamakan keamanan [2]. Dalam penggunaannya, *Tower Crane* harus direncanakan dengan baik sebelum digunakan karena dalam pengoperasiannya ada banyak hal dan aspek yang harus diperhatikan, mulai dari keterampilan dan kemampuan operator *Tower Crane*, prosedur atau panduan pengoperasian alat, aspek keselamatan kerja, serta aspek pemeriksaan dan perawatan *Tower Crane* [3]. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan yang baik dengan tujuan untuk mengoptimalkan lokasi *Tower Crane* pada suatu kelompok *Tower Crane* [4]. Hal tersebut harus diperhatikan karena tata letak *Tower Crane* yang tepat akan menghasilkan nilai waktu siklus dan produktivitas yang lebih efisien. Untuk itu letak dari *Tower Crane* harus diperhitungkan untuk mengoptimalkan waktu siklus dan produktivitas yang dihasilkan oleh *Tower Crane* tersebut [5]. Alasan dilakukannya hal tersebut adalah karena kegagalan terhadap tata letak *Tower Crane* merupakan sebuah permasalahan yang umum terjadi pada sebuah proyek konstruksi, yang dapat mengakibatkan kurang optimalnya kinerja dari sebuah *Tower Crane* dan menyebabkan kurang efisiennya waktu siklus serta produktivitas yang

dihasilkan. Sehubungan dengan itu, pada proyek Y belum diketahui, apakah *Tower Crane* yang digunakan sudah optimal atau belum.

Sehingga, tujuan dari penelitian adalah mengidentifikasi faktor apa saja yang harus diperhatikan dalam menentukan letak *Tower Crane*. Selain itu, menentukan skenario tata letak *Tower Crane* yang akan diaplikasikan dan menentukan skenario yang dianggap paling optimal.

Dasar Teori

Tower Crane

Tower Crane adalah suatu alat berat yang umum digunakan untuk mengangkat material dalam arah vertikal dan horizontal menuju ke tempat yang lebih tinggi ataupun rendah, serta dengan ruang kerja yang terbatas [1]. *Tower Crane* juga dapat digunakan untuk mengangkut material beton dengan concrete bucket guna membantu dalam proses pengecoran dan juga mampu mengangkat aneka jenis alat bantu maupun bahan konstruksi pada saat pemasangan bekisting kolom, besi tulangan beton, dan lain-lain [6].

Optimalisasi Tata Letak Tower Crane

dalam melakukan analisis untuk menentukan letak *Tower Crane* yang optimal harus memperhatikan beberapa variabel penting seperti membentuk kelompok kerja *Tower Crane*, pembagian tugas kelompok *Tower Crane*, dan selanjutnya akan didapati posisi yang optimal dari *Tower Crane* tersebut. Variabel di atas dibentuk berdasarkan pada kapasitas angkat, radius minimum, penentuan feasible area, nilai konflik indeks, serta

keseimbangan beban kerja *Tower Crane* [7].

Waktu Siklus

waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan *Tower Crane* untuk melakukan satu kali pekerjaan, yang terdiri dari gerakan vertikal (*hoist*), gerakan horizontal (*trolley*), dan berputar (*swing*), dan ketiga gerakan utama tersebut terdiri dari enam tahap pekerjaan yang di antaranya adalah mengikat material, mengangkat, memutar, menurunkan, dan melepas material hingga kembali lagi menuju lokasi awal atau lokasi persediaan material (titik *supply*) [8].

Produktivitas

Produktivitas adalah perbandingan antara produk atau hasil kerja (*output*) dengan satuan waktu kerja alat atau sumber daya manusia (*input*) [8]. Secara umum, produktivitas alat berat dapat dihitung dalam satuan hasil produksi/jam [9].

Faktor Koreksi Alat Berat

Untuk mendapatkan nilai produktivitas dari suatu alat berat yang sesuai dengan kondisi aktual di lapangan maka perlu dilakukannya perkalian terhadap nilai produktivitas tersebut dengan efisiensi kerja atau faktor koreksi alat berat [10].

METODE PENELITIAN

Konsep penelitian yang digunakan adalah melakukan analisis terhadap lokasi tata letak *Tower Crane* yang tepat dan optimal, yang ditinjau dalam melaksanakan pekerjaan pengangkutan pada proyek Y, sehingga diperoleh waktu siklus sesingkat mungkin.

Penelitian ini dimulai dengan terlebih dahulu melakukan pengumpulan

terhadap data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini. Data sekunder diperoleh dengan melakukan studi dokumen terhadap PT. X, selaku kontraktor utama pada proyek Y, dan melakukan studi literatur untuk memperkuat data hasil dari wawancara. Sedangkan untuk data primer, digunakan metode pengukuran langsung menggunakan stopwatch untuk mengukur waktu muat, waktu bongkar, dan waktu tunggu, serta observasi untuk mengetahui metode yang digunakan terhadap pelaksanaan struktur kolom utama. Selain itu, dilakukan juga wawancara dan validasi terhadap pihak yang berkompeten dalam bidang terkait. Kemudian, dilanjutkan dengan membentuk kelompok tugas yang akan dilaksanakan oleh kedua *Tower Crane* dan menganalisis nilai konflik indeks yang dihasilkan oleh seluruh kelompok tersebut.

Selanjutnya dilanjutkan dengan menyusun permodelan skenario tata letak *Tower Crane* baru, dan kemudian akan dilakukan perbaikan terhadap skenario tersebut berdasarkan dari hasil validasi yang telah dilakukan. Setelah dilakukan perbaikan terhadap skenario tata letak *Tower Crane*, dilanjutkan dengan analisis perhitungan terhadap nilai waktu siklus dan produktivitas yang dihasilkan oleh setiap *Tower Crane* pada seluruh skenario tersebut, untuk menentukan skenario yang paling optimal pada proyek Y.

HASIL dan PEMBAHASAN

Analisis Faktor Tata Letak *Tower Crane*

Berikut ini adalah faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan letak dari suatu *Tower Crane*, yang telah diperoleh dari hasil kesimpulan wawancara yang diperkuat dengan hasil

dari studi literatur, yang telah dilakukan oleh peneliti :

1. Kekuatan struktur tanah sebagai penopang *Tower Crane*. Dalam menentukan titik letak *Tower Crane*, harus dilakukan dengan tepat, agar tanah di bawahnya mampu menahan gaya-gaya yang bekerja untuk mencegah terjadinya kegagalan pada pondasi *Tower Crane* tersebut [11].
2. Jangkauan dari lengan *Tower Crane*.
3. Letak *Tower Crane* terhadap struktur bangunan yang akan dibangun.
4. Letak *Tower Crane* terhadap bangunan di sekitar proyek. Radius *counter jib* pada *Tower Crane* harus dipastikan tidak melintas di atas bangunan sekitar proyek untuk menjaga keamanan serta keselamatan di lingkungan sekitar proyek. Hal tersebut harus diperhatikan karena beton penyeimbang pada *counter jib* tersebut memiliki potensi yang tinggi untuk runtuh dan jatuh pada saat *Tower Crane* beroperasi [12].
5. Letak *Tower Crane* terhadap *Tower Crane* yang lainnya pada suatu kelompok *Tower Crane*. Karena pada suatu kelompok *Tower Crane*, letak dari *Tower Crane* yang akan digunakan harus ditempatkan secara berjauhan untuk mencegah terjadinya tabrakan antara tiap *Tower Crane* tersebut [13].
6. Waktu siklus dan produktivitas yang dihasilkan oleh *Tower Crane* pada letak tersebut.
7. Hambatan terhadap ruang gerak *Tower Crane* saat beroperasi. Hal tersebut harus diperhatikan karena ruang kerja yang kecil akan meningkatkan kemungkinan untuk terjadinya hambatan dan tabrakan terhadap suatu *Tower Crane* dalam beroperasi [13].

8. Kemudahan dalam proses pemasangan (*erection*) dan pembongkaran (*dismantling*) terhadap *Tower Crane* yang akan digunakan.
9. Penggunaan sabuk *Tower Crane* yang tidak terlalu panjang (untuk *Tower Crane* dengan jenis *Tied in Crane*).

Analisis Pembentukan Skenario Tata Letak Tower Crane

Dalam melakukan pembentukan terhadap skenario tata letak *Tower Crane*, peneliti melakukan penentuan terhadap letak baru dari kedua *Tower Crane* dengan memperhatikan beberapa alternatif berdasarkan panjang lengan *Tower Crane* (*jib*), *feasible area* yang terbentuk, serta letak *Tower Crane* terhadap struktur bangunan yang akan dibangun. Selain itu, dipertimbangkan juga mengenai letak *Tower Crane* terhadap bangunan di sekitar proyek, serta letak *Tower Crane* terhadap titik *supply* dan *demand* yang tersedia. Spesifikasi *Tower Crane* yang digunakan pada proyek Y adalah *Tower Crane* dengan tipe Shenyang GHT6036-12 dengan panjang *jib* 60 meter pada *Tower Crane* 1, dan Comansa 21CJ 290 dengan panjang *jib* 70 meter pada *Tower Crane* 2. Kemudian dalam menentukan skenario tata letak *Tower Crane*, pertama terlebih dahulu dibentuk kelompok tugas *Tower Crane* seoptimal mungkin. Hal tersebut dilakukan karena letak *Tower Crane* yang optimal ditentukan berdasarkan kriteria seperti beban kerja yang seimbang antara *Tower Crane*, dan nilai konflik yang rendah [14]. Selain itu, dalam menentukan kelompok tugas angkatan *Tower Crane*, diusahakan letak geometris antara titik tugas tersebut saling berdekatan, sehingga semakin besar *feasible area* yang terbentuk dan *Tower Crane* akan semakin mudah untuk menyelesaikan tugas-tugas tersebut [15]. Kemudian, dilanjutkan dengan melakukan analisis

terhadap *feasible area* yang dihasilkan oleh kedua *Tower Crane* yang digunakan, dan diperoleh *feasible area* yang ditandai dengan arsiran berwarna hijau seperti pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.

Selanjutnya, seluruh skenario tata letak *Tower Crane* yang telah dibentuk tersebut akan divalidasi oleh pihak yang berkompeten di bidang ini. Kemudian, dilanjutkan dengan perbaikan terhadap skenario tata letak *Tower Crane*, berdasarkan hasil dari validasi yang diperoleh. Dengan demikian, diaplikasikan 3 skenario tata letak *Tower Crane*, pada skenario 1 (**Gambar 3**), *Tower Crane* 1 terletak pada koordinat (159,45; 38,54), dan *Tower Crane* 2 terletak pada koordinat (38,02; 31,42). Pada skenario 2 (**Gambar 4**), *Tower Crane* 1 terletak pada koordinat (152,10; 43,30), dan *Tower Crane* 2 terletak pada koordinat (41,36; 29,38), serta, pada skenario 3 (**Gambar 5**), *Tower Crane* 1 terletak pada koordinat (152,10; 43,30), dan *Tower Crane* 2 terletak pada koordinat (36,60; 21,38).

Skenario tata letak *Tower Crane* yang telah diperbaiki, selanjutnya akan ditinjau berdasarkan beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan letak *Tower Crane*. Dengan demikian, berikut ini adalah hasil dari peninjauan ketiga skenario tata letak *Tower Crane*:

1. Letak dari kedua *Tower Crane* pada skenario 2 dan 3 sudah berada di dalam *feasible area* dan mampu menjangkau seluruh titik pekerjaan yang ada. Namun pada skenario 1, letak dari *Tower Crane* 1 masih terletak di luar *feasible area*, sehingga *Tower Crane* tersebut tidak mampu menjangkau satu titik pekerjaan.
2. Radius *counter jib* dari kedua *Tower Crane* yang digunakan pada ketiga skenario tersebut dinilai sudah aman

dan tidak membahayakan lingkungan di sekitar proyek.

3. Pada ketiga skenario dipastikan tidak akan terjadi tabrakan antara kedua *Tower Crane*. Hal tersebut dapat diketahui berdasarkan hasil dari analisis nilai konflik terhadap kelompok tugas yang telah dibentuk, dengan nilai konflik dari keseluruhan kelompok sebesar 0 konflik.
4. Letak dari *Tower Crane* 1 pada skenario 1 menghalangi konstruksi penampungan dan pengolahan air, serta letak dari *Tower Crane* 2 pada skenario tersebut menghalangi komponen struktur balok anak dan pelat lantai.
5. Pada skenario 2 dan 3 sudah tidak menghalangi konstruksi penampungan dan pengolahan air, serta sudah tidak menghalangi komponen struktur balok anak pada lantai basement 1 dan lantai 1. Akan tetapi, kedua *Tower Crane* pada skenario tersebut tetap menghalangi komponen struktur pelat lantai.
6. *Tower Crane* 1 pada skenario 2 dan 3 terletak lebih dekat dengan struktur bangunan. Dengan demikian, sabuk *Tower Crane* yang digunakan pada skenario 2 dan 3 jarak bentangnya akan lebih kecil, sehingga sabuk tersebut akan lebih efisien dan kuat.

Analisis dan Perbandingan Skenario Tata Letak *Tower Crane*

Dalam melakukan analisis terhadap ketiga skenario yang telah dibentuk, pertama ditentukan terlebih dahulu data sekunder yang akan digunakan, seperti data spesifikasi *Tower Crane* eksisting, data volume material, gambar denah siteplan, gambar denah struktur kolom, dan gambar tampak potongan bangunan, serta data primer yang berupa waktu muat, waktu bongkar, dan waktu tunggu *Tower Crane* seperti pada **Tabel 1**.

Kemudian dilanjutkan dengan menentukan koordinat dari titik *supply*, koordinat titik *demand*, serta koordinat titik letak *Tower Crane* pada seluruh skenario. Koordinat tersebut diperoleh dengan cara membentuk titik bantu dengan koordinat (0;0), menggunakan bantuan *software AutoCAD*, dan kemudian dilanjutkan dengan melakukan peninjauan terhadap titik koordinat dari titik *supply*, titik *demand*, serta titik letak *Tower Crane*, yang berdasarkan kepada titik (0;0) yang telah dibentuk tersebut.

Analisis Nilai Waktu Siklus

Setelah seluruh data berhasil diperoleh, maka dilanjutkan dengan melakukan analisis perhitungan terhadap nilai waktu siklus yang dihasilkan oleh ketiga skenario yang telah dibentuk, dengan rumus yang dikutip dalam [5] seperti berikut ini :

1. Waktu Tempuh Horizontal (Th)

$$Th = \frac{Dh}{Vh}$$

Keterangan:

Th = Waktu Tempuh Horizontal (min)

Dh = Jarak Tempuh Horizontal (m)

Vh = Kecepatan Gerak *Trolley* (m/min)

2. Waktu Tempuh Vertikal (Tv)

$$Tv = \frac{Dv}{Vv}$$

Keterangan:

Tv = Waktu Tempuh Vertikal (min)

Dv = Jarak Tempuh Vertikal (m)

Vv = Kecepatan Gerak *Hoist* (m/min)

3. Waktu Tempuh Rotasi (Tr)

$$Tr = \frac{Dr}{Vr}$$

Keterangan:

Tr = Waktu Tempuh Rotasi (min)

Dr = Jarak Tempuh Rotasi (m)

Vr = Kecepatan Gerak *Slewing* (rad/min)

4. Waktu Siklus

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST$$

Keterangan:

LT = Waktu Muat

HT = Waktu Angkut

DT = Waktu Pembongkaran

RT = Waktu Kembali

ST = Waktu Tunggu

Berdasarkan hasil dari analisis perhitungan dengan menggunakan rumus tersebut dan dihitung dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel*, diperoleh hasil nilai waktu siklus pada ketiga skenario seperti pada **Tabel 2**.

Analisis Nilai Produktivitas Tower Crane

Selain waktu siklus, digunakan juga parameter produktivitas *Tower Crane* untuk menentukan skenario yang paling optimal. Sehingga, selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap nilai produktivitas yang dihasilkan oleh setiap *Tower Crane*. Seperti yang dikutip dalam [1], produktivitas alat berat, terkhusus *Tower Crane*, adalah perbandingan antara hasil dari suatu pekerjaan yang telah dicapai, dengan seluruh sumber daya yang digunakan untuk mencapai hasil tersebut (X). Produktivitas *Tower Crane* dapat dihitung dengan rumus seperti berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Kapasitas}}{\text{Waktu Siklus}} \times \text{Efisiensi}$$

Keterangan:

Kapasitas = Volume pekerjaan *Tower Crane*

Waktu Siklus = Jumlah waktu kerja *Tower Crane*

Efisiensi = Nilai Faktor Koreksi Kerja Alat Berat

Dengan nilai faktor koreksi yang digunakan adalah sebesar 0,75, yang ditentukan berdasarkan pemeliharaan alat berat dan kondisi operasional *Tower Crane* yang digunakan tabel yang dikutip pada [10] seperti pada **Tabel 3**.

Selanjutnya, setelah diperoleh nilai waktu siklus dan faktor koreksi yang akan digunakan, ditentukan juga mengenai total berat angkat yang akan dilakukan oleh kedua *Tower Crane* tersebut. Sehingga, diperoleh total berat angkat pada *Tower Crane* 1 adalah sebesar 1127694,30 kg, dan pada *Tower Crane* 2 sebesar 899931,03 kg. Kemudian, setelah dilakukan analisis perhitungan terhadap nilai produktivitas *Tower Crane* berdasarkan rumus yang telah dipaparkan tersebut, maka diperoleh hasil nilai produktivitas *Tower Crane* pada ketiga skenario dapat dilihat pada **Tabel 4**.

KESIMPULAN

Dalam melakukan menentukan letak dari suatu suatu *Tower Crane*, harus memperhatikan beberapa faktor di antaranya seperti kekuatan struktur tanah sebagai penopang *Tower Crane*, jangkauan dari lengan *Tower Crane*, letak *Tower Crane* terhadap struktur bangunan yang akan dibangun, letak *Tower Crane* terhadap bangunan di sekitar proyek, letak *Tower Crane* terhadap *Tower Crane* yang lainnya pada suatu kelompok *Tower Crane*, waktu siklus dan produktivitas yang dihasilkan oleh *Tower Crane* pada letak tersebut. hambatan terhadap ruang gerak *Tower Crane* saat beroperasi, kemudahan dalam proses pemasangan (*erection*) dan pembongkaran (*dismantling*) terhadap *Tower Crane* yang akan digunakan, serta penggunaan sabuk *Tower Crane* yang tidak terlalu panjang. Jumlah skenario tata letak *Tower Crane* yang akan diaplikasikan pada penelitian ini adalah sebanyak 3 skenario. Pada skenario 1,

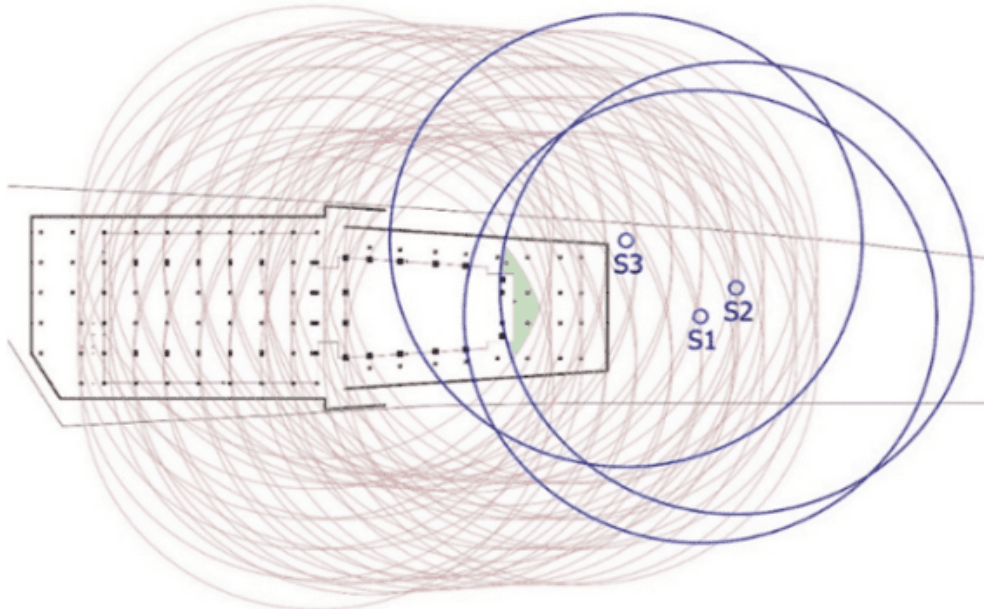
Tower Crane 1 terletak pada koordinat (159,45; 38,54), dan *Tower Crane* 2 terletak pada koordinat (38,02; 31,42), pada skenario 2, *Tower Crane* 1 terletak pada koordinat (152,10; 43,30), dan *Tower Crane* 2 terletak pada koordinat (41,36; 29,38), serta, pada skenario 3, *Tower Crane* 1 terletak pada koordinat (152,10; 43,30), dan *Tower Crane* 2 terletak pada koordinat (36,60; 21,38). Selanjutnya, setelah dilakukan peninjauan terhadap ketiga skenario berdasarkan faktor-faktor yang telah diperoleh tersebut, dapat disimpulkan bahwa kedua *Tower Crane* pada skenario 2 dan 3 sudah terletak di titik yang lebih optimal jika dibandingkan dengan skenario 1 (kondisi eksisting). Berdasarkan dari hasil analisis waktu siklus yang telah dilakukan, skenario 3 tata letak *Tower Crane* merupakan skenario yang memiliki nilai waktu siklus paling efisien, yaitu sebesar 17277,32 menit, dengan selisih terhadap skenario eksisting sebesar 1048,53 menit. Selain itu, berdasarkan dari hasil analisis nilai produktivitas yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa nilai produktivitas *Tower Crane* terbesar berhasil diperoleh pada skenario 3, yaitu sebesar 5078,00 kg/jam pada *Tower Crane* 1, dan 5559,73 kg/jam pada *Tower Crane* 2. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa skenario 3 tata letak *Tower Crane* merupakan skenario tata letak *Tower Crane* yang paling optimal. Kesimpulan yang diperoleh tersebut sesuai dengan dasar teori, dimana dengan menempatkan *Tower Crane* di lokasi yang tepat, maka penggunaan dari *Tower Crane* tersebut dapat menjadi semakin efisien dari segi waktu dan biaya yang dibutuhkan pada saat operasional [13].

DAFTAR PUSTAKA

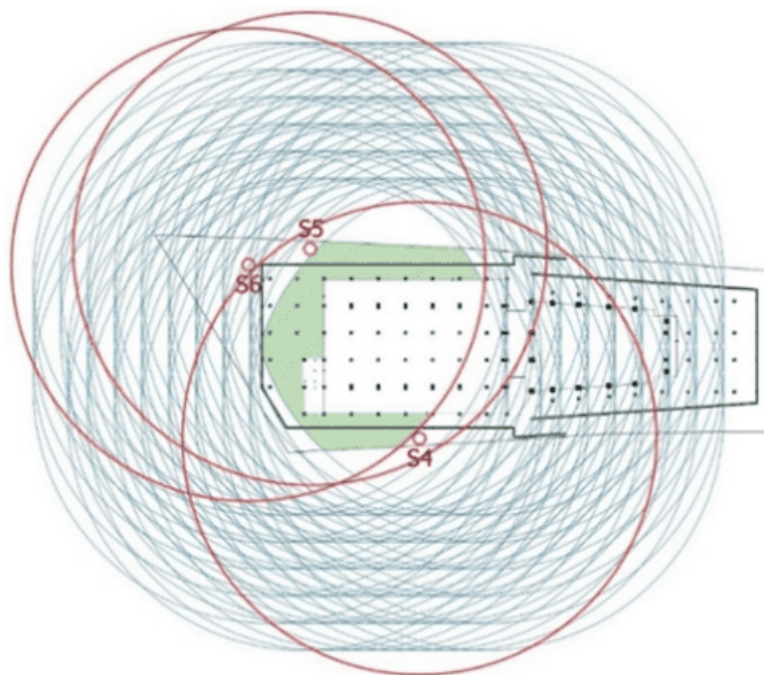
- [1] S. Fatena Rostiyanti, *ALAT BERAT UNTUK PROYEK KONSTRUKSI*, vol. 1999, no.

- December. PT. RINEKA CIPTA, 2008.
- [2] H. Jamato, M. Aswanto, and Trijeti, “Perbandingan penggunaan tower crane dengan mobil crane ditinjau dari efisiensi waktu dan biaya sebagai alat angkat utama pada pembangunan gedung,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, no. November, pp. 1–10, 2015.
- [3] H. Muliawan and A. Nursin, “Optimasi Penempatan Tower Crane Terhadap Waktu Siklus Pada Proyek X,” *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 08, no. 01, pp. 22–31, 2022, [Online]. Available: <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/1539/>
- [4] A. P. Septiawan and C. B. Nurcahyo, “Optimasi Penempatan Group Tower Crane pada Proyek Pembangunan My Tower Surabaya,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.21747.
- [5] I. Ardiansyah Ahmad and M. Suryanto HS, “Analisis Produktivitas Dan Biaya Operasional Tower Crane Pada Proyek Puncak Central Business District Surabaya,” *Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2/REKAT/18, pp. 1–12, 2018.
- [6] R. Priyo Santoso, “METODE MENENTUKAN JENIS TOWER CRANE YANG TEPAT UNTUK PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI,” UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA, 2016.
- [7] P. Zhang, F. C. Harris, P. O. Olomolaiye, and G. D. Holt, “LOCATION OPTIMIZATION FOR A GROUP OF TOWER CRANES,” vol. 125, no. April, pp. 115–122, 1999.
- [8] F. Yurianingrum, “Optimalisasi Penempatan Tower Crane Pada Proyek Pembangunan Tunjungan Plaza 5,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2016.
- [9] A. Kholil, *Alat berat*. Bandung: PT. REMAJA ROSDAKARYA, 2012.
- [10] Rochmanhadi, *PERHITUNGAN BIAYA PELAKSANAAN PEKERJAAN DENGAN MENGGUNAKAN ALAT-ALAT BERAT*. Semarang: Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1985.
- [11] A. Kurniawan, ““Struktur Rangka Batang Tower Crane,”” Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 2007.
- [12] Sulardi, “Perbaikan Keselamatan Konstruksi Dengan Alat Decking Fall Protection Pada Proyek Pembangunan Gedung Apartemen PT Pertamina,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 5, no. 2, p. 159, 2017, doi: 10.32487/jtt.v5i2.276.
- [13] B. Anggaruci B. Y, J. Widodo S, and D. Nurtanto, “JURNAL REKAYASA SIPIL DAN LINGKUNGAN Evaluation of Tower Crane Positioning in Jember Icon Project,” *J. Rekayasa Sipil dan Lingkung.*, vol. 01, no. Januari 2017, pp. 7–17, 2016.
- [14] M. H. Sebt, E. Parvaresh Karan, and M. R. Delavar, “Potential Application of GIS to Layout of Construction Temporary Facilities,” *Int. J. Civ. Eng.*, vol. 6, no. N0.4, pp. 235–245, 2008.
- [15] J. Irizarry and E. P. Karan, “Optimizing location of tower cranes on construction sites through GIS and BIM integration,” *Electron. J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 17, no. March, pp. 361–366, 2012.

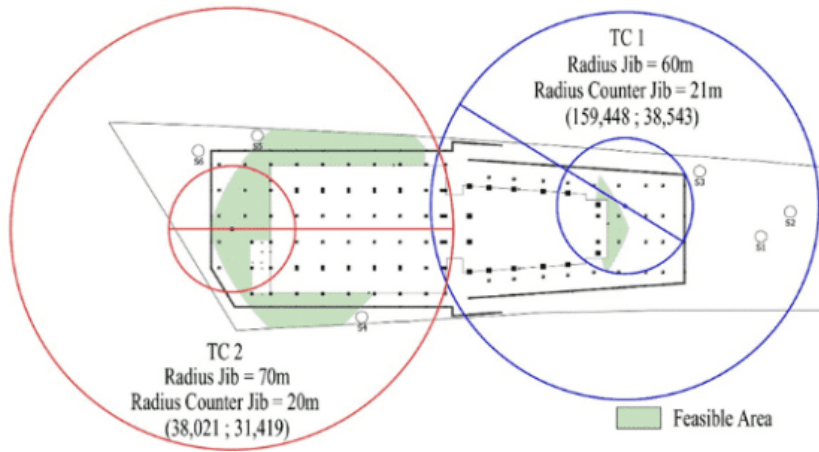
Lampiran Gambar dan Tabel



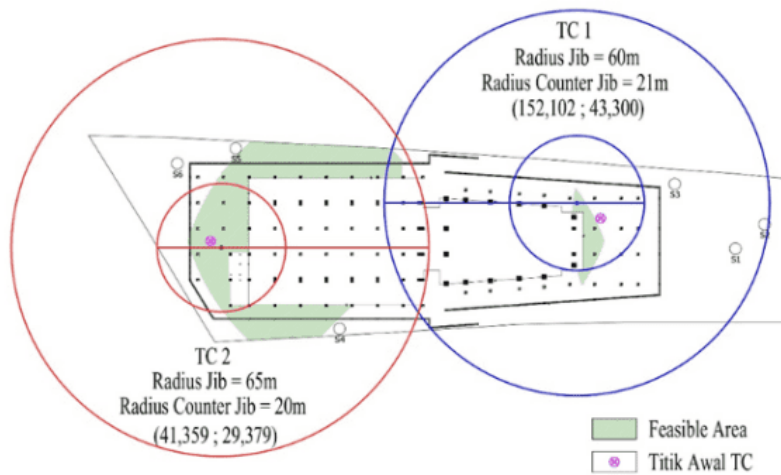
Gambar 1. *Feasible Area Tower Crane 1*



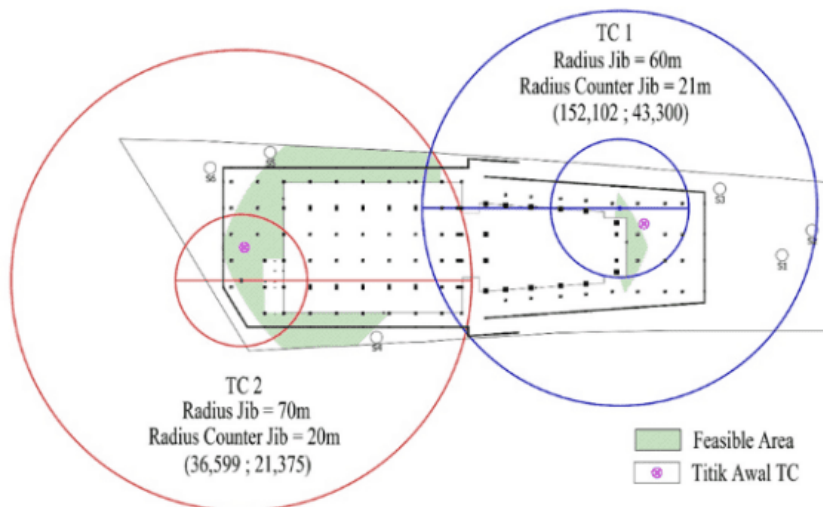
Gambar 2. *Feasible Area Tower Crane 2*



Gambar 3. Skenario 1 Tata Letak *Tower Crane* (Kondisi Eksisting)



Gambar 4. Skenario 2 Tata Letak *Tower Crane*



Gambar 5. Skenario 3 Tata Letak *Tower Crane*

Tabel 1. Data Waktu Muat, Waktu Bongkar dan Waktu Tunggu *Tower Crane*

Nama Pekerjaan	Lokasi	Tipe Kolom	Waktu Muat (Menit)	Waktu Bongkar (Menit)
Pengangkatan Bekisting Kolom	Basement 2	K1	3,372	5,311
		K2	3,115	4,216
		K3	2,367	4,167
		K4	3,200	4,467
		K6	2,573	4,148
	Basement 1	K1	3,415	5,245
		K2	3,534	4,673
		K3	2,872	4,582
		K4	3,804	4,419
		K6	2,729	4,881
Pengangkatan Tulangan Kolom	Basement 2 dan Basement 1	K1	1,957	20,135
		K2	1,673	18,573
	Basement 1	K3	1,517	17,700
		K4	1,801	18,342
		K6	1,557	18,015
Pengecoran Dengan Concrete Bucket 0,8 m ³	-	-	1,013	2,883
Waktu Tunggu Rata - Rata =			2 Menit	

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Siklus *Tower Crane*

Nama Skenario	Kode Alat	Waktu Siklus <i>Tower Crane</i> (menit)	Total Waktu Siklus (menit)
Skenario 1	Tower Crane 1	10428,60	18325,85
	Tower Crane 2	7897,26	
Skenario 2	Tower Crane 1	9993,35	17867,95
	Tower Crane 2	7874,60	
Skenario 3	Tower Crane 1	9993,35	17277,32
	Tower Crane 2	7283,97	

Tabel 3. Faktor Koreksi Berdasarkan Pemeliharaan dan Kondisi Operasional

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Sumber: Rochmanhadi (1985)

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Produktivitas *Tower Crane*

Nama Skenario	Kode Alat	Produktivitas Tower Crane (kg/jam)
Skenario 1	Tower Crane 1	4866,07
	Tower Crane 2	5127,97
Skenario 2	Tower Crane 1	5078,00
	Tower Crane 2	5142,72
Skenario 3	Tower Crane 1	5078,00
	Tower Crane 2	5559,73