

PENGARUH PENERAPAN METODE LEAN CONSTRUCTION PADA BIAYA PEKERJAAN STRUKTUR TIPIKAL

Benediktus Warno Sitinjak, Yovi Arsianto, M. Agung Wibowo^{*)}, Frida Kistiani^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Perkembangan konstruksi Indonesia yang semakin maju, membuat daya saing antar jasa kontraktor menjadi ketat. Oleh karena itu, diperlukan sebuah inovasi dalam mengelola proses konstruksi menjadi lebih optimal. Salah satu inovasi tersebut adalah penerapan metode lean construction dengan konsep work structuring. Konsep Work structuring digunakan untuk merancang simulasi pekerjaan struktur beton lantai tipikal agar memiliki aliran kegiatan yang lebih andal dan cepat. Inovasi Lean Construction pada penelitian ini adalah menggunakan sistem transfer bekisting antar lantai pada bekisting horisontal PERI. Dengan konsep work structuring, interaksi antara siklus pekerjaan struktur beton dan siklus transfer bekisting antar lantai didapatkan 3 simulasi optimal dengan aliran kegiatan yang andal (idle time minimal) yaitu simulasi 3 hari, 5 hari, dan 9 hari. Dari hasil perhitungan total RAB proyek tiap simulasi optimal, didapatkan kesimpulan bahwa simulasi 3 hari merupakan simulasi paling optimal.

kata kunci : *Lean construction, work structuring, bekisting PERI, siklus transfer bekisting, pekerjaan struktur beton, produktivitas tenaga, waste.*

ABSTRACT

Indonesian construction development of more advanced, making the competitiveness between the contractor becomes tight. Therefore, we need an innovation in managing the construction process becomes more optimal. One such innovation is the application of the lean construction method with work structuring concept. Work structuring concepts we use to design simulated a typical floor concrete structure work in order to have a more reliable flow of activities and faster. Innovation Lean Construction on this research using inter-floor transfer system formwork on horizontal PERI formwork. With the concept of structuring work, the interaction between the concrete structure of the work cycle and the cycle formwork transfer between floors design 3 simulation obtained optimal with a reliable stream of activity (minimum idle time) that simulated 3 days, 5 days and 9 days. From the calculation of total RAB optimal simulation of each project, the simulation of 3 days is the most optimal simulation.

keywords: *Lean construction, structuring work, PERI formwork, formwork transfer cycles, the concrete structure work, labor productivity, waste.*

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi Indonesia yang semakin maju, membuat daya saing antar jasa kontraktor menjadi ketat. Dalam persaingan jasa kontraktor terjadi dalam pelelangan dimana faktor rendahnya harga penawaran jasa menjadi penentu kemenangan tender. Oleh karena itu, diperlukan sebuah inovasi dalam mengelola proses konstruksi menjadi lebih efisien sehingga biaya penawaran menjadi rendah. Salah satu inovasi tersebut adalah penerapan konsep *lean construction*. Konsep *Lean Construction* diadopsi dari prinsip *lean manufacturing* yang bertujuan mengurangi *waste* dan meningkatkan *value*. Untuk membuat sebuah proyek memiliki prinsip *lean construction*, proyek tersebut harus menerapkan 3 konsep yaitu *work structuring* (WS), *Supply Chain Management*, dan *production control*. Salah satu aplikasi dalam *lean construction* yang digunakan adalah *work structuring*.

Dalam suatu proyek gedung bertingkat, konsep *lean construction* dapat memaksimalkan pekerjaan lantai tipikal. Pekerjaan lantai tipikal memiliki kelebihan dimana desain antar lantai yang sama, sehingga simulasi pekerjaan dan volume pekerjaan struktur beton tiap lantai adalah sama. Salah satu proyek gedung bertingkat yang dapat dijadikan model dalam penelitian ini adalah proyek Grand Dhika City Bekasi (GDCB) Tower Cempaka. Proyek tersebut merupakan bangunan gedung bertingkat dengan lantai 3-25 berupa lantai tipikal. Metode digunakan adalah metode *cast in situ* dengan bekisting sistem PERI.

MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisa perubahan biaya pekerjaan struktur beton terhadap durasi menggunakan metode *lean construction* dengan aplikasi *work structure* sehingga dapat diketahui simulasi dan total biaya optimum. Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menghitung *volume* pekerjaan.
2. Menghitung RAB proyek untuk setiap simulasi.
3. Menentukan simulasi yang menggunakan biaya paling efektif berdasarkan total RAB.

TINJAUAN PUSTAKA

***Lean Construction* (Konstruksi ramping)**

Industri konstruksi Indonesia, dan juga secara umum, masih bergelut dengan permasalahan ketidakefisienan dalam pelaksanaan proses konstruksinya. Masih terlalu banyak pemborosan (*waste*) berupa kegiatan yang menggunakan sumber daya tetapi tidak menghasilkan nilai yang diharapkan (*value*). Masalah yang sering dihadapi dalam proyek konstruksi adalah seberapa baikpun perencanaan yang telah dilakukan, pada tahap pelaksanaan selalu terjadi perubahan yang mengakibatkan keterlambatan penyelesaian. Keterlambatan suatu pekerjaan merupakan efek kombinasi dari ketergantungan antar pekerjaan dan variabilitas dalam setiap proses. Selain itu masih banyak hasil pekerjaan konstruksi yang harus ditunda, ditambal sulam, dibongkar dan diulang. Masuk dalam kategori pemborosan ini pula apa yang disebut sebagai kesalahan yang perlu perbaikan, produk (baik sementara atau akhir) yang menumpuk tidak digunakan, tahapan kerja yang tidak dibutuhkan, gerakan pekerja yang tidak perlu, pekerja menunggu dan produk yang

tidak sesuai dengan permintaan customer (Abduh, 2005). Beberapa aplikasi penting dalam konstruksi ramping meliputi konsep *work structureing*, *supply chain management*, dan *production control*.

Work Structuring

Work structureing (WS) adalah terminologi yang diciptakan oleh *Lean construction Institute* (LCI) untuk kegiatan pengembangan rancangan proses dan operasi yang dilakukan bersamaan seiring dengan perancangan produk, penentuan struktur *supply chain*, pengalokasian sumber daya dan usaha perancangan untuk pelaksanaan. Tujuan dari WS ini adalah untuk membuat aliran kegiatan yang lebih andal dan cepat tanpa mengurangi *value* kepada *customer*. Dalam perancangan proses tersebut, variasi produktivitas antar pekerjaan dan juga interaksi antar pekerjaan harus dipertimbangkan. Dengan demikian akan diharapkan dapat meminimalkan *waste* baik berupa *inventory* maupun *work in process*.

Work Structuring merupakan hal yang biasanya tidak banyak dilakukan pada saat tahapan perancangan (*design*) berlangsung. Karena biasanya perancang (*designer*) hanya melakukan perancangan produk (*product design*) saja yang harus sesuai dengan kebutuhan *customer* atau *owner*, namun tidak merancang bagaimana proses produksinya. Biasanya diasumsikan bahwa pihak kontraktor yang akan melakukannya. Ini merupakan praktek dan permasalahan fragmentasi di dunia konstruksi yang terpecah belah menjadi banyak pihak yang terlibat pada seluruh daur hidup proyek konstruksi. *Waste* banyak terjadi karena hasil rancangan tidak dapat dilaksanakan oleh pihak pelaksana karena terjadinya miskomunikasi.

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tertentu. Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan jumlah volume kebutuhan pekerjaan dengan harga item pekerjaan baik bahan, peralatan, dan upah pekerja yang sesuai pada suatu daerah tempat pekerjaan tersebut dilakukan. (Supriyono, 2000).

Tahap-tahap pembuatan RAB dimulai dengan membuat spesifikasi material atau rencana kerja dan syarat bangunan, kemudian membuat rincian daftar pekerjaan yang akan dilaksanakan. Setelah didapat daftar pekerjaan secara rinci maka dilakukan penghitungan volume masing-masing item pekerjaan. Setelah itu, mencari daftar harga upah dan bahan terbaru untuk dapat menghitung analisa harga satuan setiap item pekerjaan. Proses perhitungan analisa harga satuan dilakukan dengan mengalikan volume pekerjaan dengan analisa harga satuan pekerjaan tertentu. Setelah seluruh tahapan dilakukan, selanjutnya membuat jumlah harga secara keseluruhan dan didapatlah RAB suatu bangunan.

Bekisting Sistem PERI

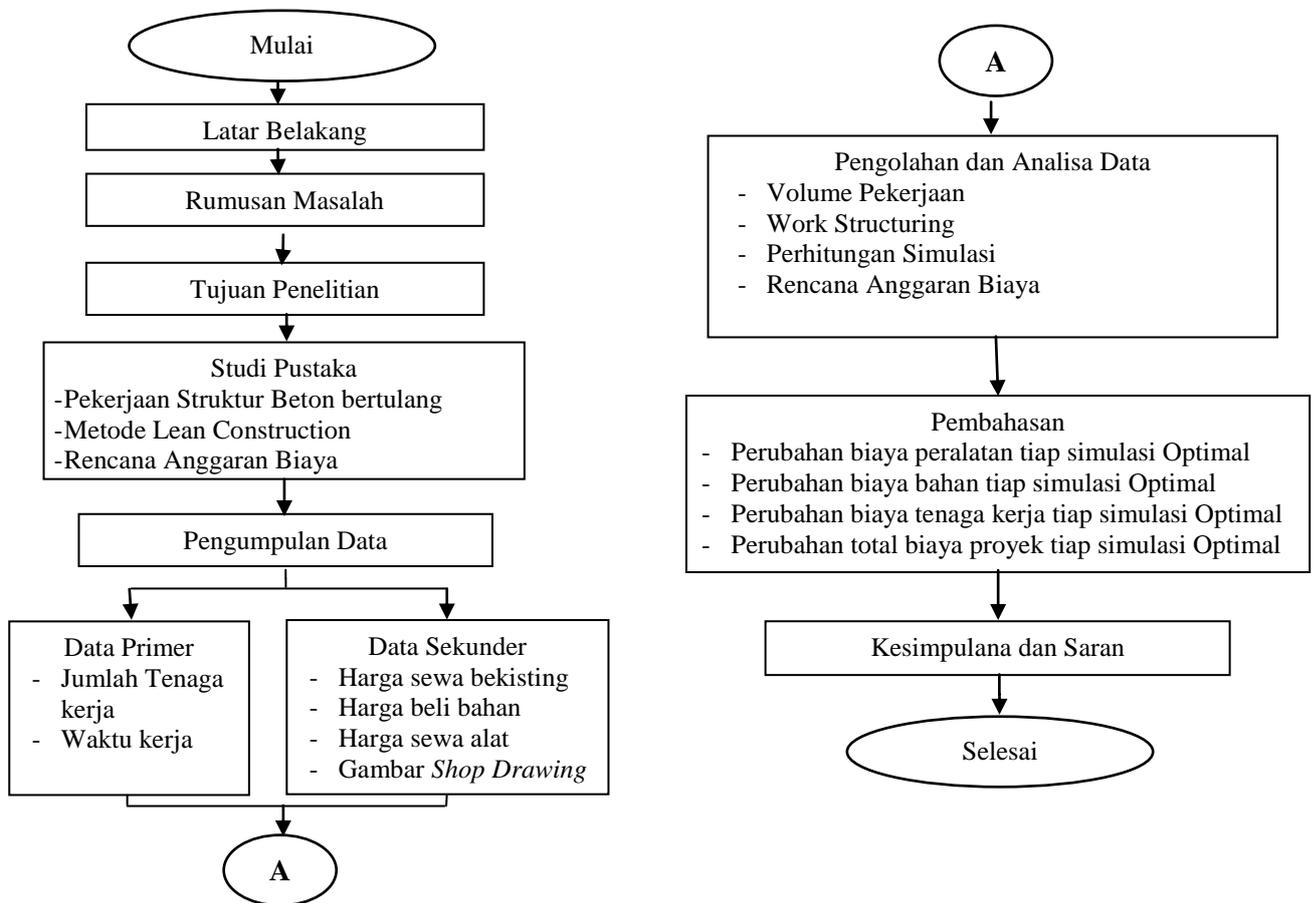
Bekisting sistem PERI adalah bekisting tersistem baru yang berasal dari negara Jerman. Penggunaan bekisting PERI sudah banyak dilakukan pada bangunan-bangunan tinggi di dunia, seperti *21st Century Tower*, *Al Hamra Tower*, dan *Albian Sands*. Bekisting PERI digunakan untuk pembangunan komponen beton yang kompleks, perkuatan *multicurved*,

PERI menyediakan berbagai bekisting disesuaikan. Berdasarkan model perancangan 3D dengan bentuk permukaan yang dapat disesuaikan, unit bekisting tiga dimensi yang direncanakan dan diproduksi akan siap digunakan. Dengan perancangan demikian, diperoleh hasil yang rapih, permukaan beton kualitas tertinggi tanpa adanya keling terlihat. (www.PERI.com) Keunggulan bekisting sistem ini adalah:

1. Dapat diproduksi secara *Custom* atas dasar model 3D , presisi produksi pada kondisi optimum dalam *stasioner* PERI konstruksi bekisting.
2. Realisasi biaya – efektif, Sangat ekonomis dengan proporsi yang tinggi dari komponen sistem dari portofolio produk PERI.
3. Perakitan cepat, Perakitan mudah dan sederhana dari elemen bekisting prefabrikasi di lokasi konstruksi - mirip dengan sistem bekisting.

METODE PENELITIAN

Dalam penulisan diperlukan adanya suatu metode yang menjelaskan tahapan-tahapan proses dari awal hingga akhir. Metode Tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi Penelitian

Tahapan atau langkah-langkah yang diperlukan dalam proses penelitian ini, antara lain :

- Tahapan persiapan, berupa penentuan latar belakang, perumusan masalah dan tujuan penelitian.
- Studi pustaka, berupa kajian-kajian teori dari pekerjaan struktur beton bertulang, metode *lean construction* hingga rencana anggaran biaya.
- Pengumpulan data primer berupa jumlah tenaga kerja dan waktu kerja pada proyek tinjauan dan data sekunder berupa harga sewa bekisting, harga beli bahan, harga sewa alat berat, dan gambar *shop drawing*.
- Pengolahan dan analisa data yang mencakup volume pekerjaan, *work structuring*, perhitungan simulasi, hingga perhitungan RAB.
- Pembahasan terhadap analisa data yang didapat.
- Kesimpulan yang menjawab tujuan-tujuan yang telah ditentukan pada tahap awal.

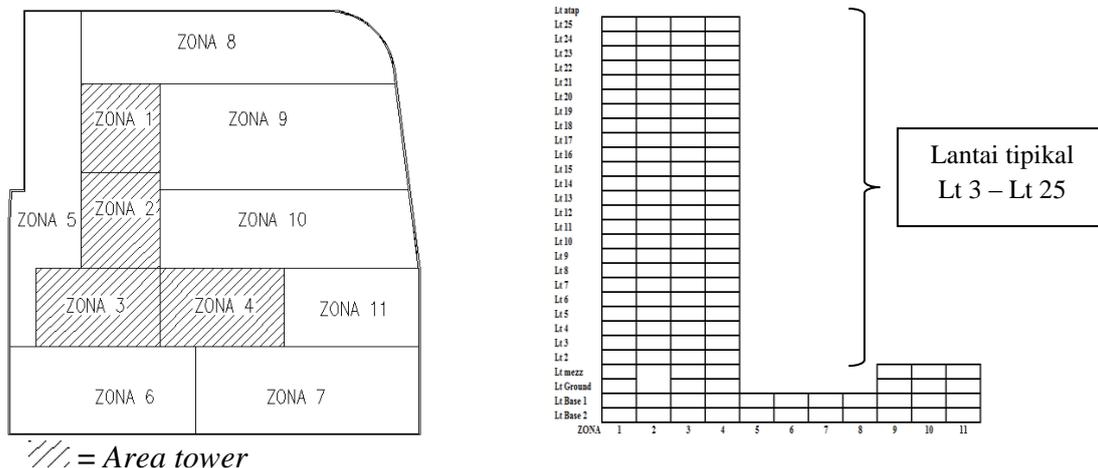
PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap perhitungan antara lain sebagai berikut :

- Ruang lingkup proyek
- Volume Pekerjaan
- Work Structuring
- Perhitungan Simulasi
- Rencana Anggaran Biaya

Obyek Penelitian

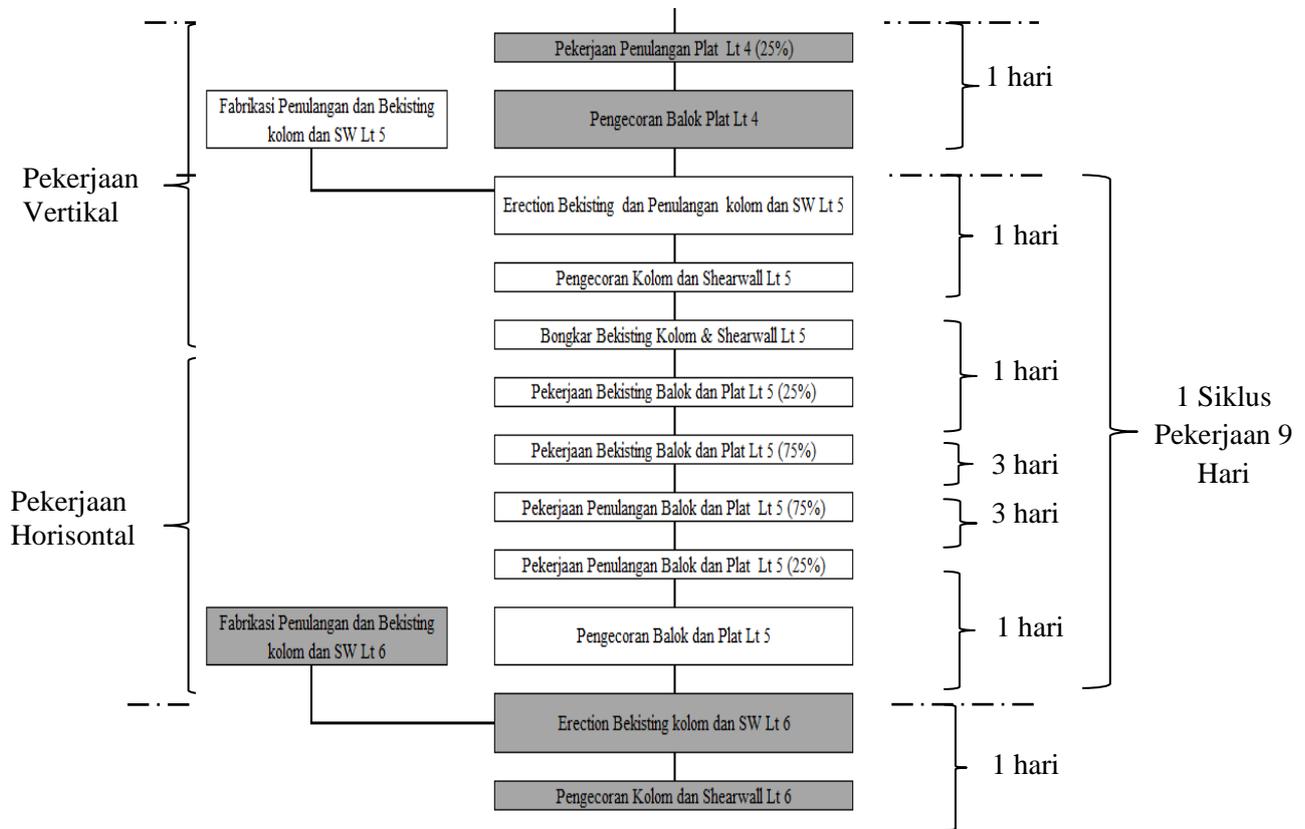
Zona pekerjaan proyek grand dhika city terdiri dari 11 zona pekerjaan. Objek penelitian ini menggunakan 4 zona pekerjaan area tower lantai 3 hingga lantai 25 dimana desain struktur bersifat tipikal. Obyek penelitian dapat diperjelas pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Denah Zona Objek Penelitian

Metode pelaksanaan struktur tipikal proyek ini menggunakan sistem pengecoran beton konvensional (cast in situ). Setiap lantai pekerjaan dibagi berdasarkan pengecorannya menjadi pekerjaan struktur vertikal (kolom dan shearwall) dan pekerjaan struktur horisontal (balok dan pelat). Kemudian dibagi menjadi 8 pekerjaan yaitu, fabrikasi penulangan dan bekisting vertical, erection bekisting dan penulangan kolom vertical, pengecoran struktur vertical, bongkar bekisting vertical, pasang bekisting horisontal, penulangan horisontal,

pengecoran horisontal, dan pembongkaran bekisting horisontal. Siklus pekerjaan struktur beton lantai tipikal dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Siklus Pekerjaan Struktur Beton

Desain tiap lantai yang sama dan metode kerja yang berulang tiap lantai pada lantai tipikal merupakan suatu celah dalam penerapan lean construction. Penentuan simulasi dengan aplikasi work structuring pada pekerjaan struktur lantai tipikal akan mengoptimalkan proses pelaksanaan.

Volume pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan ini meliputi volume bekisting, volume tulangan, dan volume pengecoran. Perhitungan volume pekerjaan struktur beton bertulang berdasarkan desain Detail Engineering Design (DED) dari proyek Grand Dhika City, Bekasi. Hasil perhitungan volume dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 1. Volume Pekerjaan

Zona	Vol Bekisting (m ²)	Vol Besi (Kg)	Vol Cor (m ³)
Zona 1	425,2	12861,5	53,6
Zona 2	380,8	12825,1	47,6
Zona 3	551,7	19462,7	70,1
Zona 4	522,0	17337,7	65,6
Total	1879,7	62487,0	236,8

Work Structuring

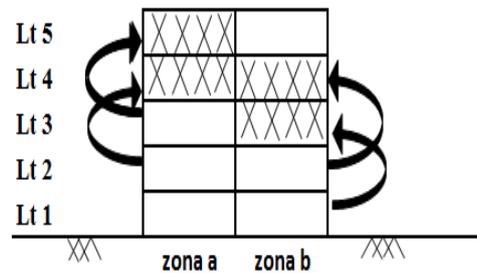
Penggunaan work structuring digunakan pada sistem simulasi transfer dan pengadaan bekisting PERI. Jika simulasi transfer dan pengadaan dilakukan secara tepat, maka waste yang ditimbulkan akan semakin sedikit. Salah satunya adalah mengurangi permasalahan waste of defect dengan menggunakan simulasi transfer antar lantai.

Tabel 2. Harga Sewa Perancah PERI

Perancah	Harga Sewa Perancah PERI (Rp/zona/hari)				Total (Rp/Lt/ hari)
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Pekerjaan Horisontal	572.440	504.183	753.093	710.327	2.540.043
Pekerjaan Vertikal	572.633	484.320	835.073	696.607	2.588.633

Tabel 3. Harga Beli Consumable Material

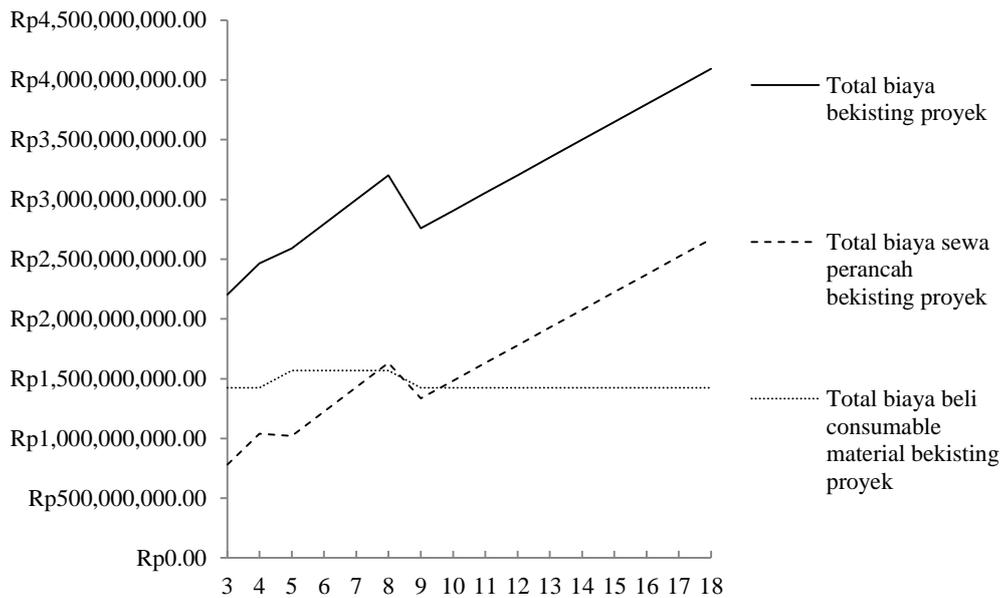
Consumable Material	Harga Beli Consumable Material (Rp/zona)				Total (Rp/Lantai)
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	
Pekerjaan Horisontal	32.671.200	28.722.600	42.889.100	40.548.400	144.831.300
Pekerjaan Vertikal	18.601.312	14.482.944	25.444.944	22.230.688	80.759.888



Gambar 4. Transfer Bekisting Antar Lantai

Tabel 4. Pengadaan Bekisting dan Penggantian Consumable Material

No.	Siklus Pekerjaan floor to floor	pengadaan bekisting horisontal ke site (Lantai)	Pembulatan pengadaan bekisting horisontal ke site (Lantai)	Pemakaian consumable material horisontal (kali pakai)	Pembulatan Pemakaian consumable material horisontal (kali pakai)	Penggantian consumable material horisontal (kali ganti)	Pembulatan Penggantian consumable material horisontal (kali ganti)
1	Siklus 3 hari	4,00	4,00	5,50	6,00	2,00	2,00
2	Siklus 4 hari	3,25	4,00	5,50	6,00	2,00	2,00
3	Siklus 5 hari	2,80	3,00	7,33	8,00	2,67	3,00
4	Siklus 6 hari	2,50	3,00	7,33	8,00	2,67	3,00
5	Siklus 7 hari	2,29	3,00	7,33	8,00	2,67	3,00
6	Siklus 8 hari	2,13	3,00	7,33	8,00	2,67	3,00
7	Siklus 9 hari	2,00	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
8	Siklus 10 hari	1,90	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
9	Siklus 11 hari	1,82	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
10	Siklus 12 hari	1,75	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
11	Siklus 13 hari	1,69	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
12	Siklus 14 hari	1,64	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
13	Siklus 15 hari	1,60	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
14	Siklus 16 hari	1,56	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
15	Siklus 17 hari	1,53	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00
16	Siklus 18 hari	1,50	2,00	11,00	11,00	3,67	4,00



Gambar 5. Grafik Perubahan RAB Bekisting Terhadap Durasi

Perhitungan Simulasi

Perhitungan RAB dilakukan pada setiap simulasi optimum. Perhitungan meliputi RAB peralatan, bahan, dan tenaga kerja. Berikut adalah tabel hasil perhitungan rencana anggaran biaya peralatan, bahan, dan tenaga kerja proyek.

Tabel 5. RAB Peralatan

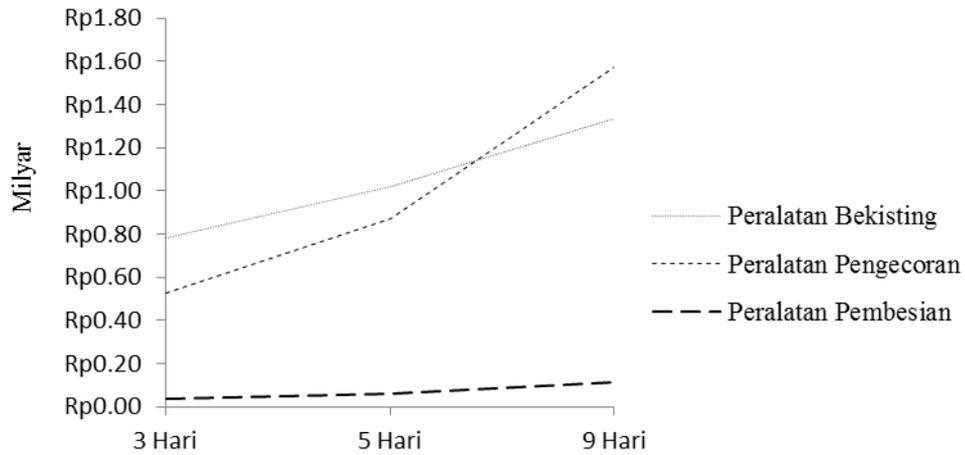
Durasi Siklus	Peralatan Pembesian	Peralatan Pengecoran	Peralatan Bekisting	Total RAB Peralatan
3 Hari	Rp37.400.000,00	Rp523.600.000,00	Rp780.154.760,00	Rp1.341.154.760,00
5 Hari	Rp62.333.333,33	Rp872.666.666,67	Rp1.020.853.166,67	Rp1.955.853.166,67
9 Hari	Rp112.200.000,00	Rp1.570.800.000,00	Rp1.334.607.120,00	Rp3.017.607.120,00

Tabel 6. RAB Bahan

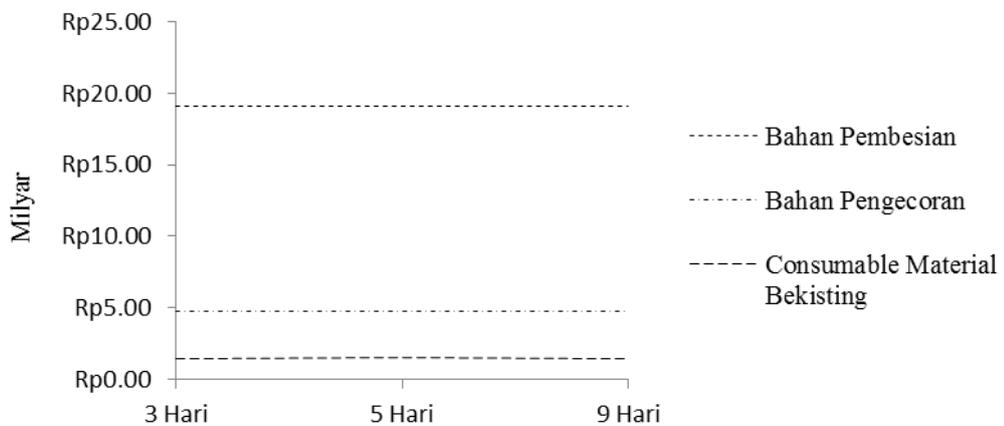
Durasi Siklus	Bahan Pembesian	Bahan Pengecoran	Consumable Material Bekisting	Total RAB Bahan
3 Hari	Rp19.094.792.550,68	Rp4.771.823.166,00	Rp1.423.654.960,00	Rp25.290.270.676,68
5 Hari	Rp19.094.792.550,68	Rp4.771.823.166,00	Rp1.568.486.260,00	Rp25.435.101.976,68
9 Hari	Rp19.094.792.550,68	Rp4.771.823.166,00	Rp1.423.654.960,00	Rp25.290.270.676,68

Tabel 7. RAB Tenaga Kerja

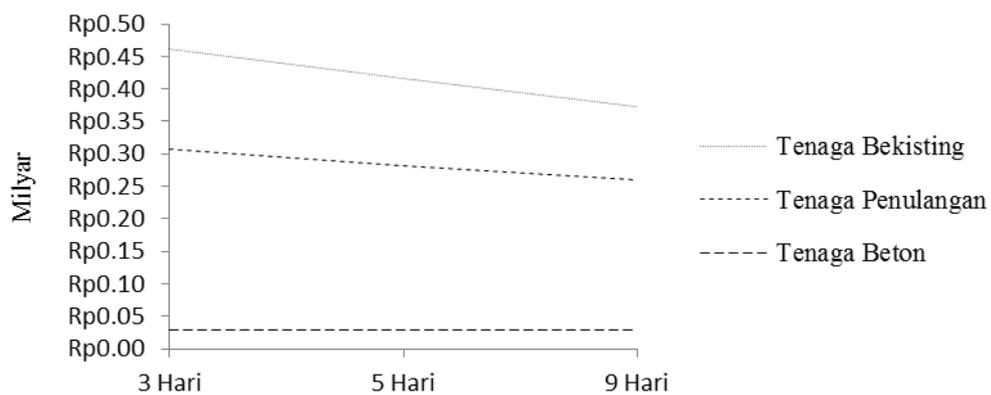
Durasi Siklus	Tenaga Bekisting	Tenaga Penulangan	Tenaga Pengecoran	Total RAB Tenaga Kerja
3 Hari	Rp461.890.000,00	Rp306.680.000,00	Rp28.050.000,00	Rp796.620.000,00
5 Hari	Rp417.010.000,00	Rp282.370.000,00	Rp28.050.000,00	Rp727.430.000,00
9 Hari	Rp372.130.000,00	Rp259.930.000,00	Rp28.050.000,00	Rp660.110.000,00



Gambar 6. Grafik RAB Peralatan Terhadap Durasi Simulasi



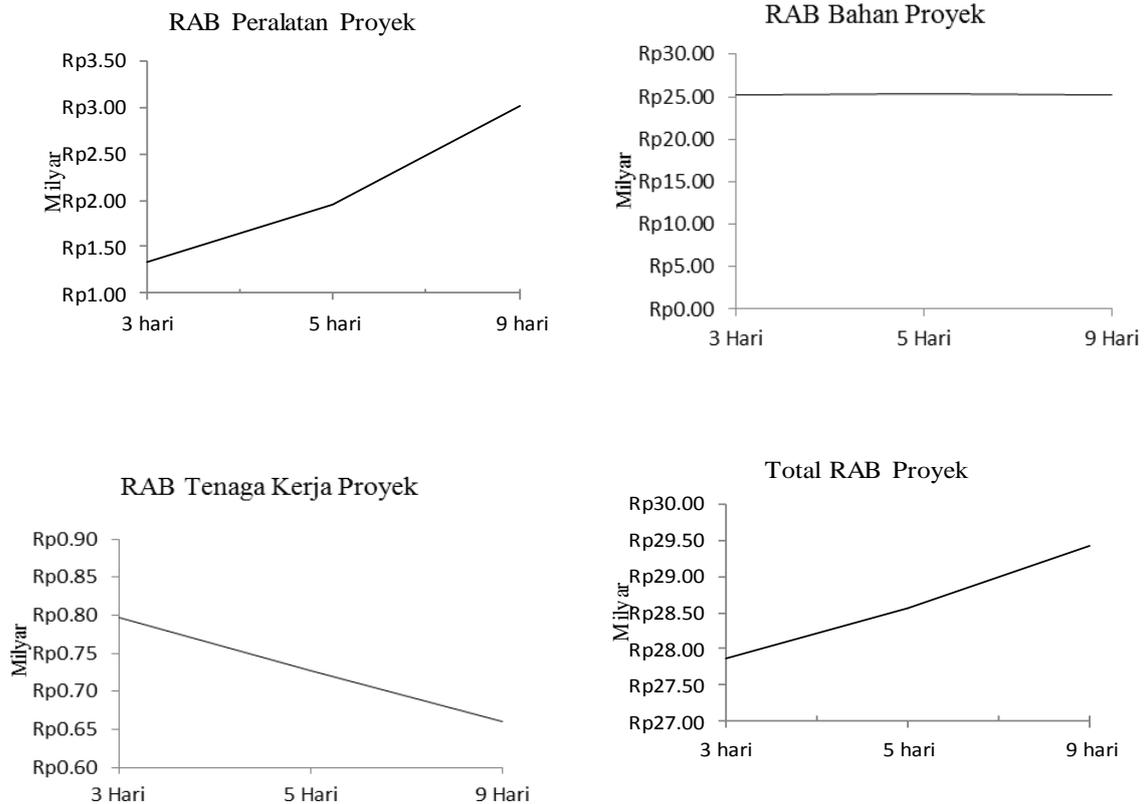
Gambar 7. Grafik RAB Bahan Terhadap Durasi Simulasi



Gambar 8. Grafik Rab Tenaga Kerja Terhadap Durasi Simulasi

PEMBAHASAN

Dari perhitungan pengolahan dan analisa data didapatkan hasil perhitungan RAB tiap pekerjaan dan tiap simulasi optimal. Tiap hasil perhitungan tersebut, didapatkan grafik perubahan biaya terhadap waktu seperti pada grafik di bawah ini.



Gambar 9. Grafik RAB Peralatan, Bahan, Tenaga Kerja, dan Total Proyek

Tabel 8. Total RAB Proyek

Durasi Siklus	Total RAB Peralatan	Total RAB Bahan	Total RAB Tenaga Kerja	Total RAB Proyek
3 Hari	Rp1.341.154.760,00	Rp25.290.270.676,68	Rp796.620.000,00	Rp27.428.045.436,68
5 Hari	Rp1.955.853.166,67	Rp25.435.101.976,68	Rp727.430.000,00	Rp28.118.385.143,35
9 Hari	Rp3.017.607.120,00	Rp25.290.270.676,68	Rp660.110.000,00	Rp28.967.987.796,68

Dari grafik diatas diperoleh bahwa semakin cepat durasi simulasi pekerjaan struktur beton maka RAB peralatan proyek semakin turun, RAB bahan proyek stabil, dan RAB tenaga kerja proyek semakin naik. Karena kenaikan RAB tenaga kerja lebih kecil dari penurunan RAB peralatan maka total RAB proyek cenderung turun terhadap percepatan durasi simulasi.

KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa urutan zona dengan volume pekerjaan terbesar hingga terkecil adalah zona 3, kemudian zona 4, zona 1, dan terkecil adalah zona 2.

RAB dari masing-masing simulasi yang didapat adalah sebagai berikut:

a. Simulasi 3 hari:	RAB Peralatan	= Rp 1.341.154.760,00
	RAB Bahan	= Rp 25.290.270.676,68
	RAB Tenaga Kerja	= Rp 796.620.000,00
b. Simulasi 5 hari:	RAB Peralatan	= Rp 1.955.853.166,67
	RAB Bahan	= Rp 25.435.101.976,68
	RAB Tenaga Kerja	= Rp 727.430.000,00
c. Simulasi 9 hari:	RAB Peralatan	= Rp 3.017.607.120,00
	RAB Bahan	= Rp 25.290.270.676,68
	RAB Tenaga Kerja	= Rp 660.110.000,00

Dari perhitungan RAB diatas dapat diperoleh bahwa simulasi durasi yang menggunakan biaya paling efektif berdasarkan total RAB pada proyek *Grand Dhika City* Bekasi adalah sebagai berikut :

- Simulasi 3 hari, total biaya proyek sebesar Rp 27.428.045.436,68.
- Simulasi 5 hari, total biaya proyek sebesar Rp 28.118.385.143.35.
- Simulasi 9 hari, total biaya proyek sebesar Rp 28.967.987.796.68.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, Muhammad, 2005. *Konstruksi Ramping : Memaksimalkan value dan Meminimalkan Waste*, FTSL ITB, Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Henry, Simamora, 2002. *Akuntansi Manajemen Edisi II*, UPP AMP YKPN, Yogyakarta.
- Husein, Abrar, 2010. *Manajemen Proyek*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Mulyadi, 2001. *Sistem Akuntansi, Edisi Ketiga, Cetakan Ketiga*, Penerbit Salemba Empat, Jakarta.
- R.A, Supriyono, 2000. *Sistem Pengendalian Manajemen (edisi 1)*, BPFE, Yogyakarta.
- Soeharto, Iman, 1995. *Manajemen Proyek "Dari Konseptual Sampai Operasional"*, Erlangga, Yogyakarta.
- Uher, Thomas, 1996. *Programming and Scheduling Techniques*, School of Building The University of New South Wales, Australia.
- Womack and Jones, 1996. *Lean Thinking by Womack and Jones*, Institute of Technology Massachusetts.
- Wulfram I, Ervianto, 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi Offset, Yogyakarta.