



Analisis Perbandingan Pengaruh Penggunaan *Flyslab* dan Plat *Floordeck* dalam Mewujudkan *Lean Construction*

Edwin Sandagie

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang
E-mail: edwin_sandagie@yahoo.com

M. Agung Wibowo

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: agung_wibowo8314423@yahoo.com

Bambang Purwanggono

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: b.purwanggono@gmail.com

Abstract

Nowadays there are several kinds of products innovations in the construction industry, one of whom is a precast concrete slab. In fact, products of innovation are not necessarily fully able to provide a positive impact, both in terms of cost, quality, time, and waste on building construction projects. Moreover, what is offered by the manufacturer of precast concrete slab has not necessarily correspond with the needs of the customer. The purpose of this study is to analyze the comparison of products in terms of time, cost, quality, and waste between projects using precast concrete slab and the same projects that were simulated using floordeck concrete slab. This research will: (1) simulate the project if not using precast concrete slab product, (2) analyze the comparison of products in terms of time, cost, quality, and waste between the real project and the simulation project, (3) calculate the benefits obtained from the use of precast concrete slab product. The use of flyslab at Pertamina Parking Building Project (which consists of three floors and two floors using flyslab) when compared with the results of the simulation project that uses floordeck concrete slab: (1) in terms of time, it can provide a savings of 12.5% of the total duration of the simulation project, (2) in terms of costs, it can provide costs savings on the total cost structure reaches 23.13%, (3) in terms of quality, flyslab constituent materials are designed to have a higher quality when compared to floordeck concrete slab constituent materials, (4) in terms of waste, on a project that uses flyslab, the amount of waste generated is much less when compared to the results of the simulation project that uses a floordeck concrete slab.

Keywords: *Cost, Flyslab, Quality, Time, Waste.*

Abstrak

Dewasa ini ada beberapa macam produk hasil inovasi di industri konstruksi, salah satu di antaranya adalah plat beton precast. Pada kenyataannya, produk hasil inovasi tersebut belum tentu sepenuhnya dapat memberikan dampak yang positif, baik dari segi biaya, mutu, waktu, maupun waste pada pembangunan proyek konstruksi. Selain itu, apa yang ditawarkan oleh perusahaan produsen plat beton precast selama ini belum tentu sesuai dengan kebutuhan dari para customer. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perbandingan produk dari segi waktu, biaya, mutu, dan waste antara proyek-proyek yang menggunakan plat beton precast dengan proyek-proyek yang sama yang disimulasikan menggunakan plat beton floordeck. Pada penelitian ini dilakukan: (1) simulasi pada proyek bila tidak menggunakan produk plat beton precast,

(2) analisis perbandingan produk dari segi waktu, biaya, mutu, dan waste antara proyek real dengan proyek hasil simulasi, (3) perhitungan keuntungan yang dihasilkan dari penggunaan produk plat beton precast. Penggunaan flyslab pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir Pertamina (yang terdiri dari tiga lantai dengan dua lantai flyslab) bila dibandingkan dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton floordeck: (1) dari segi waktu dapat memberikan penghematan 12,5% terhadap durasi total proyek hasil simulasi, (2) dari segi biaya, dapat memberikan penghematan biaya total struktur mencapai 23,13% (3) dari segi mutu, material-material penyusun flyslab didesain memiliki mutu yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan material penyusun plat beton floordeck (4) dari segi waste, pada proyek yang menggunakan flyslab, jumlah waste yang dihasilkan jauh lebih sedikit bila dibandingkan proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton floordeck.

Kata-kata Kunci: Biaya, Flyslab, Mutu, Waktu, Waste.

Pendahuluan

Dewasa ini ilmu pengetahuan dan teknologi terus berkembang seiring dengan kemajuan zaman. Di dunia konstruksi, kemajuan ilmu dan teknologi tersebut semakin menuntut para pelaku industri konstruksi untuk terus berupaya melakukan inovasi dengan menghasilkan produk yang sesuai dengan selera dan kebutuhan konsumen. Di sisi lain, salah satu permasalahan yang sering terjadi di industri konstruksi Indonesia adalah terkait ketidakefisienan dan pemborosan (*waste*) dalam pelaksanaan konstruksinya. Berdasarkan data yang disampaikan oleh *Lean Construction Institute*, *waste* pada industri konstruksi sekitar 57%, sedangkan kegiatan yang memberikan nilai tambah hanya sebesar 10% (Abduh, 2007).

Pada saat ini ada beberapa macam produk hasil inovasi di industri konstruksi, salah satu di antaranya adalah plat beton *precast*. Makin berkembangnya penggunaan produk plat beton *precast* oleh masyarakat Indonesia, telah mendorong banyak perusahaan untuk ikut memproduksi dan memasarkan produk tersebut. Pada kenyataannya, produk hasil inovasi tersebut belum tentu sepenuhnya dapat menjawab harapan para *customer* dalam mewujudkan konsep *lean construction*, baik dari segi biaya, mutu, waktu, maupun *waste*, serta memberikan dampak yang positif pada pembangunan proyek konstruksi.

Proyek

Proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, dan modal / biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2009). Dalam pengertian lain, Ervianto (2005) mengatakan bahwa proyek adalah suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan hanya satu kali dan umumnya dengan jangka waktu yang pendek. Karakteristik suatu proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi yaitu:

1. Bersifat unik
2. Membutuhkan sumber daya (*resources*)
3. Membutuhkan organisasi

Kualitas

Kualitas adalah keseluruhan ciri atau karakteristik dari produk atau jasa dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan (Ariani, 2005). Secara tradisional, pengendalian kualitas dilakukan para produsen hanya dengan melakukan inspeksi terhadap produk ketika produk tersebut telah selesai dibuat (Gaspersz, 2002). Cara yang dijalankan adalah menyortir atau memisahkan antara produk yang baik dan yang buruk. Pandangan ini hanya berfokus kepada aktivitas inspeksi untuk mencegah produk-produk yang cacat sampai ke pasar. Pengendalian kualitas dalam konsep modern lebih memberi perhatian penuh pada perbaikan kualitas secara berkelanjutan. Perbaikan berkelanjutan adalah upaya perbaikan proses secara terus menerus untuk selalu meningkatkan mutu dan produktivitas *output* (Hardjosoedarmo, 2001).

Konsep lean construction

Lean construction merupakan suatu terjemahan dan adaptasi dari konsep *lean manufacturing* dari *lean production* yang dikembangkan Toyota oleh Taichi Ohno serta penelitian secara terus menerus dari suatu proses desain dan pelaksanaan konstruksi. *Lean construction* merupakan suatu cara untuk mendesain sistem produksi yang dapat meminimalisasi pemborosan (*waste*) dari pemakaian material, waktu (*time*) dan usaha dalam rangka menghasilkan jumlah nilai yang maksimum (Koskela, et al. 2002). Menurut Womack dan Jones (2003), prinsip-prinsip *lean* adalah sebagai berikut:

1. Pendefinisian *value* / nilai untuk suatu produk atau layanan tertentu harus jelas dari perspektif pelanggan dan semua kegiatan *non value* ditargetkan untuk dihapus.
2. Harus didesain sedemikian rupa sehingga terdapat perpindahan nilai yang terdefinisi dari suatu kegiatan ke kegiatan lain, mulai dari kegiatan *problem solving* di awal, kemudian kegiatan pengelolaan informasi, dan kepada

- kegiatan transformasi dari material mentah hingga produk akhir.
3. Produk atau layanan harus dapat mengalir ke pelanggan tanpa gangguan / hambatan apapun dengan cara menghilangkan *waste* yang ada.
 4. Untuk menghindari produk yang tidak terpakai dan mengurangi *waste*, maka produk sebaiknya diproduksi ketika pelanggan menginginkannya.
 5. Usaha perbaikan di semua proses secara berkelanjutan / terus menerus harus dilakukan untuk mencapai kesempurnaan.

Plat beton *flyslab*

Berdasarkan situs resmi *flyslab* (<http://flyslab.co.id>), pengertian beton *flyslab* adalah beton produk pracetak dari plat beton dengan seluler yang merupakan plat beton ringan dengan memakai beton mutu tinggi K-400 dan besi tulangan U-39. Secara sifat struktural, plat lantai *flyslab* tidak berbeda dengan plat lantai pada umumnya. *Flyslab* hanya mereduksi massa beton di daerah tarik saja. Dengan demikian, upaya mereduksi massa pada elemen lantai akan sangat berpengaruh secara signifikan terhadap pengurangan massa bangunan.

Di dalam situs resmi *flyslab* tersebut (www.flyslab.co.id), juga dijelaskan bahwa reduksi massa beton *flyslab* dapat mencapai 50% bila dibandingkan plat beton konvensional sehingga penggunaan *flyslab* sangat menguntungkan pada bangunan bertingkat, baik dari struktur bangunan maupun manajemen konstruksi. Dengan beton *precast flyslab*, didapatkan struktur plat lantai beton yang ringan dan mempunyai kapasitas yang sama dengan plat beton konvensional (*solid*) sehingga sangat menguntungkan di bidang konstruksi bangunan. Berikut ini adalah beberapa keuntungan dari beton pracetak *flyslab* (*sumber: sumber : www.flyslab.co.id*)

- Kecepatan dalam pelaksanaan pembangunan
- Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana
- Pihak yang bertanggung jawab lebih sedikit
- Mempunyai aspek positif terhadap *schedule*
- Jumlah pekerja kantor proyek lebih sedikit
- Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat
- Mutu prima karena dihasilkan di lingkungan pabrik.
- Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca
- Mampu mereduksi biaya konstruksi
- Dapat dihasilkan bangunan akurasi dimensi dan mutu yang lebih baik

Biaya proyek

Biaya proyek adalah biaya-biaya yang diperlukan untuk tiap pekerjaan dalam menyelesaikan suatu proyek (Dipohusodo, 1996). Secara garis besar biaya proyek dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu (Soeharto, 1995):

Biaya Langsung

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Biaya langsung terdiri dari : penyiapan lahan, pengadaan peralatan utama, perpipaan, alat-alat listrik, pembangunan gudang, fasilitas pendukung, dan biaya pembebasan tanah.

Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisor, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi produk permanen, tetapi diperlukan dalam proses pembangunan proyek. Biaya tidak langsung meliputi antara lain: gaji tetap, tunjangan bagi tim manajemen, kendaraan, peralatan konstruksi, pembangunan fasilitas sementara, pengeluaran umum, laba kontinjensi, *overhead*, pajak, biaya perijinan, dan asuransi.

Penelitian ini akan menganalisis apakah produk plat beton *precast* benar-benar berkontribusi memberikan kualitas yang lebih baik dan mampu mereduksi biaya, waktu, dan *waste* pada sebuah proyek. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan dari segi biaya, mutu, waktu, dan *waste* antara proyek yang menggunakan plat beton *precast* dengan proyek yang sama yang disimulasikan tidak menggunakan plat beton *precast*. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mendapatkan nilai keuntungan yang dihasilkan dari penggunaan produk plat beton *precast* sehingga dapat dianalisis seberapa besar peran produk tersebut dalam mereduksi biaya, waktu, dan *waste* pada sebuah proyek.

Metode Penelitian

Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data durasi waktu pelaksanaan kegiatan proyek, biaya-biaya tidak langsung yang dikeluarkan oleh kontraktor, dan aspek-aspek non teknis yang mempengaruhi pelaksanaan proyek. Selain data tersebut, rencana anggaran biaya (RAB), kurva S, dan gambar bestek proyek (*shop drawing*).

Analisis perbandingan produk dari segi waktu, biaya, mutu, dan *waste* dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

- Sebelum dilakukan analisis perbandingan produk, terlebih dahulu dilakukan simulasi pada proyek yang menjadi objek penelitian. Simulasi dilakukan pada proyek dengan mengasumsikan bahwa proyek tersebut tidak menggunakan produk plat beton *precast*, tetapi menggunakan plat beton *floordeck*. Simulasi analisis struktur pada penelitian ini dibantu dengan menggunakan *software Etabs 9.7*. Tujuan dilakukan simulasi ini adalah untuk mendapatkan nilai *output* (biaya, waktu, mutu, dan *waste*) pada proyek jika tidak menggunakan produk plat beton *precast* sehingga nantinya dapat digunakan untuk analisis perbandingan produk.
- Tahap selanjutnya dilakukan analisis perbandingan produk dari segi waktu, biaya, mutu, dan *waste* pada proyek *real* yang menggunakan plat beton *precast* dengan proyek yang telah disimulasikan tidak menggunakan plat beton *precast* tersebut. Keuntungan yang dihasilkan dari penggunaan produk plat beton *precast* dari segi biaya dan waktu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Keuntungan (\%)} = \frac{\text{Output A} - \text{Output B}}{\text{Output A}} \times 100\%$$

(sumber: <http://id.wikibooks.org>)

dimana:

Output A = *Output* proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton *floordeck*

Output B = *Output* proyek *real* yang menggunakan produk plat beton *precast*

Analisis perbandingan dari segi mutu dilakukan dengan cara meninjau mutu produk plat beton *precast* yang digunakan, selanjutnya dibandingkan dengan mutu plat beton *floordeck*. Analisis *waste* dilakukan dengan cara meninjau jenis *waste* yang ada/dihasilkan dari lokasi proyek yang menggunakan plat beton *precast* kemudian dibandingkan bila proyek menggunakan plat beton *floordeck*.

Hasil dan Pembahasan

Simulasi pada proyek

Berikut ini adalah tahapan-tahapan desain struktur

Gedung Parkir Pertamina dengan menggunakan *Etabs 9.7*:

1. Mengaktifkan *software etabs 9.7*
2. Penyesuaian satuan yang akan digunakan
3. Melakukan pemodelan struktur
4. Pendefinisian karakteristik material
5. Pendefinisian dimensi elemen
6. Penempatan elemen pada struktur
7. Pendefinisian tumpuan
8. Pendefinisian pembebanan (*load case*)
9. Pendefinisian kombinasi pembebanan (*load combination*)
10. *Input* beban-beban pada elemen struktur
11. Analisis struktur

Output simulasi proyek

Struktur balok baja

Perbandingan penampang profil baja yang digunakan untuk elemen balok antara proyek hasil simulasi dengan proyek *real* yang menggunakan *flyslab* disajikan pada Tabel 1.

Dengan penggunaan *flyslab*, didapatkan volume balok baja yang lebih hemat 41,5% bila dibandingkan dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton *floordeck*.

Struktur kolom baja

Tabel 2 dibawah menyajikan perbandingan penampang profil baja yang digunakan untuk elemen kolom antara proyek hasil simulasi dengan proyek *real* yang menggunakan *flyslab*.

Dengan penggunaan *flyslab*, didapatkan volume kolom baja yang lebih hemat 31,33% bila dibandingkan dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton *floordeck*.

Jumlah titik pondasi pancang

Dari hasil analisis struktur dengan menggunakan *software Etabs 9.7*, jumlah total pondasi tiang pancang segitiga 28 x 28 x 28 yang dibutuhkan pada proyek hasil simulasi adalah 92 titik. Apabila kedalaman pondasi tiang pancang untuk masing-masing titik diasumsikan sama dengan proyek *real* (18 m'), maka total panjang pondasi tiang pancang yang dibutuhkan adalah 92 titik x 18 m' = 1.656 m'. Sedangkan pada proyek *real*, jumlah total pondasi tiang pancang segitiga 28 x 28 x 28 yang dibutuhkan adalah 72 titik x 18 m' = 1.296 m'.

Tabel 1. Perbandingan profil balok baja pada proyek simulasi dan proyek real

Elemen struktur	Proyek hasil simulasi		Proyek real	
	Profil	Volume (kg)	Profil	Volume (kg)
Balok portal pendek induk	WF 600.200.11.17	17.808,00	WF 400.200.8.13	11.088,00
	WF 400.200.8.13	4.851,00	WF 250.125.6.9	2.175,60
Balok portal pendek anak	WF 200.100.5,5.8	2.884,23	WF 150.100.6.9	4.371,92
	WF 250.125.6.9	2.131,20		
Balok portal panjang	WF 400.200.8.13	25.344,00	WF 250.125.6.9	11.366,40
Balok portal panjang ramp	WF 250.125.6.9	2.186,26	WF 200.100.5,5.8	1.575,66
	WF 200.100.5,5.8	525,22		
Balok tepi portal panjang	WF 200.100.5,5.8	2.559,96	WF 150.100.6.9	2.532,00
Ring balok dan rafter	WF 250.125.6.9	7.289,89	WF 200.100.5,5.8	5.253,90
		+ 65.579,76		+ 38.363,48

Tabel 2. Perbandingan profil kolom baja pada proyek simulasi dan proyek real

Elemen struktur	Proyek hasil simulasi		Proyek real	
	Profil	Volume (kg)	Profil	Volume (kg)
Kolom utama stuktur	H beam 300.300.10.15	16.929,4	WF 400.200.8.13	11.886,60
Kolom ramp	WF 400.200.8.13	1.095,60	WF 250.125.6.9	491,36
		+ 18.025,00		+ 12.377,96

Kebutuhan pondasi tiang pancang pada proyek hasil simulasi adalah 360 m' atau 20 titik lebih banyak bila dibandingkan dengan jumlah pondasi tiang pancang pada proyek real yang menggunakan *flyslab*. Dengan penggunaan plat beton *flyslab* akan didapatkan volume pondasi tiang pancang yang lebih hemat 21,74% bila dibandingkan dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton *floordeck*.

Analisis perbandingan proyek real dengan proyek hasil simulasi dari segi waktu, biaya, mutu, dan waste

Perbandingan dari segi waktu

Perubahan penggunaan material dan metode kerja pada suatu *item* pekerjaan proyek, selain menyebabkan perubahan pada durasi kegiatan, juga menyebabkan perubahan pada penentuan waktu dimulainya maupun selesainya suatu kegiatan. Nilai *early start*, *early finish*, *latest start*, dan *latest finish* suatu kegiatan dapat berubah akibat perubahan pada durasi kegiatan maupun perubahan logika ketergantungan suatu kegiatan terhadap kegiatan-kegiatan lain yang saling bergantung. Tabel 3 berikut menunjukkan perbandingan nilai *early start*, *early finish*, *latest start*, dan *latest finish* antara proyek real dan proyek yang disimulasikan menggunakan plat beton *floordeck*.

Secara keseluruhan, nilai *early start*, *early finish*, *latest start*, dan *latest finish* pekerjaan-pekerjaan pada proyek real adalah lebih kecil bila dibandingkan dengan proyek hasil simulasi sehingga pekerjaan-pekerjaan pada proyek yang menggunakan *flyslab* dapat dilaksanakan lebih awal. Durasi total proyek pada proyek yang menggunakan *flyslab* adalah selama 28 minggu, sedangkan pada proyek hasil simulasi adalah 32 minggu. Besarnya penghematan durasi proyek yang diperoleh jika proyek menggunakan *flyslab* adalah:

$$\text{Penghematan durasi proyek (\%)} = \frac{32 - 28}{32} \times 100\% = 12,5\%$$

Penggunaan *flyslab* pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir Pertamina ini dapat menghemat durasi total proyek selama empat minggu atau 12,5% dari durasi proyek secara keseluruhan.

Perbandingan dari segi biaya

Dari segi biaya, analisis perbandingan dilakukan terhadap biaya langsung untuk *item* pekerjaan plat lantai, biaya langsung untuk *item* pekerjaan struktur, biaya tidak langsung proyek, maupun biaya keseluruhan pada proyek yang menggunakan *flyslab* dan proyek yang disimulasikan menggunakan plat beton *floordeck*.

Tabel 3. Perbandingan nilai *total float* antara proyek *real* dan proyek hasil simulasi

Activity description	Proyek <i>real</i>					Proyek hasil simulasi				
	EST	EFT	LST	LFT	TF	EST	EFT	LST	LFT	TF
Pekerjaan persiapan	0	3	0	3	0	0	3	0	3	0
Pekerjaan pondasi beton	2	7	2	7	0	2	8	2	8	0
Pekerjaan pondasi batu belah	6	8	6	8	0	7	9	7	9	0
Pekerjaan beton struktur	8	12	8	12	0	9	16	9	16	0
Pekerjaan konstruksi baja & atap	9	20	9	20	0	11	23	11	23	0
Pekerjaan pemasangan dinding	11	15	16	20	5	14	19	19	24	5
Pekerjaan cat dinding & plafon	21	25	23	27	2	25	29	27	31	2
Pekerjaan pelapis lantai	16	20	19	23	3	20	24	23	27	3
Pekerjaan plafon	16	21	16	21	0	20	25	20	25	0
Pekerjaan kusen, pintu, jendela	18	22	24	28	6	22	26	28	32	6
Pekerjaan listrik & titik lampu	21	26	21	26	0	25	30	25	30	0
Pekerjaan KM / WC	15	18	20	23	5	19	22	24	27	5
Pekerjaan <i>septic tank</i> & peresapan	23	27	23	27	0	27	31	27	31	0
Pekerjaan saluran keliling	25	28	25	28	0	29	32	29	32	0

Tabel 4. Perbandingan biaya langsung *item* pekerjaan plat lantai

Activity reference	Biaya langsung (rupiah)		Selisih	Prosentase (%)
	Proyek <i>real</i>	Proyek hasil simulasi		
Pekerjaan plat lantai dasar	206.983.915,3	206.983.915,30	0	0,00%
Pekerjaan plat lantai 1	280.039.500,0	279.323.351,51	716.148,5	0,26%
Pekerjaan plat lantai 2	280.039.500,0	279.323.351,51	716.148,5	0,26%
Total	767.062.915,3	765.630.618,30	1.432.297,0	0,18%

a. Biaya langsung proyek

Perhitungan nilai biaya langsung proyek diperoleh dari hasil perkalian antara volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan. Tabel 4 berikut ini menyajikan perbandingan biaya langsung untuk *item* pekerjaan plat lantai antara kedua jenis proyek.

Berdasarkan Tabel 4 di atas, biaya pekerjaan plat lantai dasar pada proyek *real* dan proyek hasil simulasi adalah sama besarnya karena keduanya sama-sama menggunakan plat metode konvensional. Untuk pekerjaan plat lantai 1 dan plat lantai 2 pada kedua jenis proyek tersebut terdapat selisih biaya masing-masing sebesar Rp 716.148,50. Dari hal tersebut dapat diketahui

bahwa biaya pekerjaan plat lantai dengan menggunakan *flyslab* sedikit lebih mahal (0,26%) bila dibanding menggunakan metode plat *floordeck*.

Di sisi lain, perubahan metode plat dari *flyslab* menjadi plat beton *floordeck* juga menyebabkan perubahan jumlah titik pondasi pancang serta dimensi-dimensi profil baja yang digunakan. Hal tersebut mengakibatkan semakin besar juga biaya langsung yang dibutuhkan proyek, baik untuk material maupun jasa. Perbandingan biaya langsung untuk *item* pekerjaan struktur pada proyek *real* maupun pada proyek hasil simulasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan biaya langsung *item* pekerjaan struktur pada kedua jenis proyek

	Biaya langsung (rupiah)	
	Proyek <i>real</i>	Proyek hasil simulasi
Pekerjaan pondasi beton	307.154.176,32	397.954.414,21
Pekerjaan beton struktur	1.129.908.039,98	1.117.853.263,51
Pekerjaan konstruksi baja & atap	2.033.105.271,85	2.959.287.995,59
Total	3.470.167.488,14	4.475.095.673,31
Selisih biaya		1.004.928.185,16

Jika ditinjau dari biaya keseluruhan untuk *item* pekerjaan struktur, maka proyek yang menggunakan *flyslab* jauh lebih murah jika dibanding proyek hasil simulasi. Besarnya penghematan yang dapat diperoleh jika proyek menggunakan *flyslab* adalah 22,46%.

b. Biaya tidak langsung proyek

Selain ditinjau dari biaya langsung, penghematan dari segi biaya ini juga harus ditinjau dari biaya tidak langsung. Dengan berkurangnya durasi total proyek, maka jumlah biaya tidak langsung yang harus dikeluarkan oleh pihak kontraktor untuk membiayai berbagai keperluan proyek juga akan berkurang. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak kontraktor, jumlah biaya tidak langsung yang dikeluarkan oleh pihak kontraktor untuk Proyek Pembangunan Gedung Parkir Pertamina ini adalah sebesar Rp 7.500.000,00 untuk setiap minggu. Dari hasil analisis dari segi waktu, didapatkan bahwa durasi proyek yang menggunakan *flyslab* adalah selama 28 minggu, sedangkan proyek yang disimulasikan menggunakan plat beton *floordeck* adalah 32 minggu. Besarnya penghematan biaya tidak langsung yang diperoleh oleh pihak kontraktor adalah:

$$\begin{aligned} & \text{Penghematan biaya tidak langsung (\%)} \\ &= \frac{(32 - 28) \times 7.500.000}{32 \times 7.500.000} \times 100\% \\ &= 12,5\% \end{aligned}$$

c. Biaya total proyek

Jika ditinjau dari biaya total untuk *item* pekerjaan struktur (biaya langsung dan biaya tidak langsung), maka jumlah penghematan yang didapatkan melalui penggunaan *flyslab* pada proyek ini adalah sebesar:

$$\begin{aligned} & \text{Penghematan biaya total pekerjaan struktur (\%)} \\ &= \frac{1.004.928.185,16 + 30.000.000}{4.475.095.673,31} \times 100\% \\ &= 23,13\% \end{aligned}$$

Penggunaan *flyslab* pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir Pertamina ini secara keseluruhan mampu memberikan penghematan biaya untuk *item* pekerjaan struktur mencapai 23,13%.

Perbandingan dari segi mutu

Dari segi mutu, analisis perbandingan dilakukan terhadap mutu dari material-material utama yang digunakan pada pekerjaan plat lantai antara proyek yang menggunakan *flyslab* dengan proyek yang disimulasikan menggunakan plat beton *floordeck*. Mutu yang direncanakan untuk *item* pekerjaan plat

lantai pada kedua macam proyek disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan mutu material pada kedua jenis proyek

Material	Mutu yang digunakan	
	Proyek <i>real</i>	Proyek hasil simulasi
Beton	K-400	K-300
Besi tulangan	Besi beton U-39	Wiremesh U-50
Bekisting	-	Floordeck $t = 0,75 \text{ mm}$

Plat lantai pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir Pertamina didesain menggunakan *flyslab* dengan beton mutu tinggi yaitu K-400 dan besi tulangan U-39. Dengan mutu tinggi tersebut, *flyslab* dengan ketebalan 10 cm didesain mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur plat lantai. Kelebihan lain dari *flyslab* adalah terkait dengan keseragaman mutu dari beton *flyslab* karena dipabrikasi di satu lokasi yang sama dengan perlakuan yang sama pula.

Pada proyek hasil simulasi, plat lantai didesain dengan sistem plat beton *floordeck* dengan ketebalan 12 cm. Mutu beton yang digunakan pada plat lantai ini adalah K-300, sedangkan besi tulangan menggunakan *wiremesh* M6 rangkap. Dengan ketebalan 12 cm, plat beton *floordeck* ini tidak memerlukan beton dengan mutu tinggi agar dapat menahan beban-beban yang bekerja pada plat lantai. Besi *wiremesh* yang digunakan pada plat beton *floordeck* ini adalah *wiremesh* U-50 yang merupakan standar kekuatan tertinggi *wiremesh* di pasaran dan memiliki kekuatan tarik minimum 490 N/mm².

Sebelum dilakukan pengecoran, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap kondisi fisik dan kualitas dari material-material yang akan digunakan, seperti beton *readymix*, kayu untuk bekisting, maupun besi *wiremesh*. Mutu material yang tidak sesuai spek dapat mempengaruhi kekuatan struktur dari plat lantai. Selain itu, proses pengecoran yang dilakukan secara manual beresiko menimbulkan cacat / *defect* maupun mutu akhir beton yang tidak sesuai spek yang direncanakan

Perbandingan dari segi *waste*

Setiap proyek memiliki permasalahan *waste* yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak kontraktor, ada beberapa macam *waste* yang terdapat pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir Pertamina ini, baik dalam bentuk material, waktu, aktivitas yang sia-sia, transportasi berlebih, *inventory*, maupun cacat / *defect*.

Tabel 7. Perbandingan mutu material pada kedua jenis proyek

Jenis waste	
Proyek real	Proyek hasil simulasi
Sisa material beton pengisi celah Sisa material beton akibat pembobokan <i>flyslab</i>	Sisa material pemotongan besi beton Sisa material kayu bekisting Sisa material beton <i>readymix</i>
	Inventory / tempat penyimpanan Persetujuan-persetujuan tiap tahapan pekerjaan Prosedur penerimaan material Membutuhkan banyak tenaga kerja Menunggu kedatangan material dan alat Menunggu mulainya suatu pekerjaan

Di atas adalah perbandingan jenis *waste* yang terjadi pada proyek *real* bila dibandingkan dengan *waste* yang diperkirakan terjadi pada proyek yang disimulasikan menggunakan plat beton *floordeck*. Berdasarkan Tabel 7, jumlah *waste* yang dihasilkan proyek yang menggunakan *flyslab* jauh lebih sedikit bila dibandingkan proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton *floordeck*. *Flyslab* yang diproduksi di pabrik dan dikirimkan ke proyek dalam bentuk *precast* mampu mengatasi sebagian besar masalah *waste* yang terjadi pada proyek yang menggunakan plat metode *floordeck*

Kesimpulan

Penggunaan *flyslab* pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir Pertamina (yang terdiri dari tiga lantai dengan dua lantai *flyslab*) bila dibandingkan dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton *floordeck*:

1. Dari segi waktu, dapat memberikan penghematan 12,5% terhadap durasi total proyek hasil simulasi.
2. Dari segi biaya, dapat memberikan penghematan biaya total struktur mencapai 23,13%.
3. Dari segi mutu, material-material penyusun *flyslab* didesain memiliki mutu yang lebih tinggi (beton K-400 dan baja tulangan U-39) bila dibandingkan dengan material penyusun plat beton *floordeck*.
4. Dari segi *waste*, pada proyek yang menggunakan *flyslab*, jumlah *waste* yang dihasilkan jauh lebih sedikit bila dibandingkan proyek hasil simulasi yang menggunakan plat beton *floordeck*. *Flyslab* yang diproduksi di pabrik dan dikirimkan ke proyek dalam bentuk beton *precast* mampu mengatasi sebagian besar masalah *waste* yang terjadi pada proyek yang menggunakan plat metode *floordeck*.

Saran

Dari hasil dan pembahasan diatas maka ada beberapa saran yang ingin disampaikan, diantaranya:

1. Dapat dilakukan penelitian lanjutan yang menganalisis pengaruh penggunaan *flyslab* pada bangunan yang lebih tinggi, misalnya hotel, apartemen, gedung sekolah, dan sebagainya agar diperoleh nilai reduksi yang lebih besar dari segi waktu, biaya, dan *waste*.
2. Penelitian ini dapat diterapkan lebih meluas dengan menggunakan produk-produk hasil inovasi yang lain, seperti: rangka atap baja ringan, rangka atap *pryda*, dan sebagainya.

Daftar Pustaka

- Abduh, M., 2007. *Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisa Rantai Nilai*, Seminar dan Pameran HAKI 2007.
- Alwi, S., Hampson, K., D., dan Mohamed, S., A., 2002. *Non Value-Adding Activities: A Comparative Study of Indonesian and Australian Construction Projects*, Proceedings IGLC-10, August 2002, Gramodo, Brazil.
- Alwi, S., Hampson, K., D., dan Mohamed, S., A., 2002. *Non Value-Adding Activities in Australian Construction Projects.*, Conference on Advancement in Design, Construction, Construction Management and Maintenance of Building Structure, Bali.
- Ariani, Dorothea Wahyu, 2005. *Pengendalian Kualitas Statistik*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Badri, Sofwan, 1997. *Dasar-dasar Network Planning*, Rineka Cipta, Jakarta.

- David, Philips, Wiliam, 1978. *Cast Precast and Prestressed Concrete*, a Design Guide, New York.
- Dipohusodo, Istimawan, 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*, Kanisius, Jakarta.
- Ervianto, I., W., 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi*, Andi, Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I., 2006. *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi (Beton Pracetak dan Bekisting)*, Andi, Yogyakarta.
- Feigenbaum, A., V., 1992. *Kendali Mutu Terpadu*, Edisi Ketiga, Terjemahan Hudaya Kandahjaya, Erlangga, Jakarta.
- Gaspersz, Vincent, 2002. *Total Quality Management*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gatignon, H., and Robertson, T., S., 1991. *Innovative decision processes*, in Robertson, T. S. and Kassarian, H., H., (Eds), *Handbook of Consumer Behavior*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Gibb, A., G., F., 1999. *Off-Site fabrication*. John Wiley and Son. New York. USA dalam Abduh, M. 2007. *Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisa Rantai Nilai*, Seminar dan Pameran HAKI 2007.
- Hardjosoedarmo, S., 2001. *Total Quality Management*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Heizer, Jay & Barry Render, 2005. *Operation Management*, 7th edition, (Manajemen Operasi edisi 7, Buku 1), Salemba Empat, Jakarta.
- Hoskisson et al., 2008. *Competing For Advantage*, Thompson Higher Education, USA.
- Husen, Abrar, 2009. *Manajemen Proyek Edisi Revisi* Diterbitkan oleh Penerbit CV ANDI Yogyakarta.
- Koskela, Heikki, 2002. *Customer Satisfaction and Loyalty in After Sales Service: Modes of Care in Telecommunications Systems Delivery*, Report No 21. HUT Industrial Management and Work and Organizational Psychology.
- Serpell, A.; Venturi, A., And Contreras, J., 1995. *Characterization of waste in Building Construction Project*, In Alarcon, Luis (1997, ed.) *Lean Construction*, A., A., Balkema, Netherlands.
- Smallwood, J., J., & Haupt., 2009. *Impact Of The South African Construction Regulations On Construction Health And Safety: Architects' Perceptions*, Research paper. Emerald Group Publishing Limited.
- Soeharto, Iman, 1995. *Manajemen Proyek: dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, Imam, 1999. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Sulistiyana, 2011. *Penelitian Panel Beton Seluler dengan Rib Sebagai Pengaku*, Thesis Program Pasca Sarjana Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Supriharyono, 2012. *Bahan Kuliah Metode Penelitian*, Program Pasca Sarjana Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tim Dosen, 2002. *Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1*, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tjokrodinuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wahyudi, Hendrawan dan Hery Dwi Hanggoro, 2010. *Perencanaan Struktur Gedung BPS Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Beton Pracetak*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wirawan, Aria & Budi Wicaksono, 2013. Studi Komparasi antara Pracetak Masif dan *Fly Slab* Studi Kasus: Struktur Gedung Rusunawa Surakarta, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Diponegoro*, Semarang. 2 (4).
- Womack, J., P., and Jones, D., T., 2003. *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in in your corporation, revised and updated*, Free Press.
- Yudakusumah, Teguh, 2012. *Aplikasi Lean Construction untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu pada Proses Produksi di Industri Precast*, Tesis Program Pascasarjana, Universitas Indonesia, Depok.
- Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1987).
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
- Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).
- www.flyslab.co.id (Diakses 10 September 2014).
- www.betonflyslab.com (Diakses 10 September 2014).
- <http://id.wikibooks.org> (Diakses 4 Mei)