

KAJIAN PERBANDINGAN PENGARUH PENGGUNAAN DINDING PRECAST DENGAN DINDING KONVENSIONAL PADA PROYEK CORDOVA SEMARANG

Muhamad Arif Rohman^{1,*}, M. Agung Wibowo², Nuroji²

¹)Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²)Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Kota Semarang, 50275

^{*})Email : arif.tsb@gmail.com, agung_wibowo8314423@yahoo.com,
nuroji.undip@gmail.com

Abstract

Innovation in the world of construction is something that is indispensable, one of the innovations in the construction sector is precast. The use of precast is expected to be able to reduce project costs to accelerate the duration of work. But in fact, the products of innovation in the world of construction have not been fully able to have a positive impact, both in terms of cost, quality, time, waste, on project development. Products of innovation are usually not necessarily in accordance with the wishes and needs of the customer. The purpose of this research is to analyze the comparison of products in terms of time, cost, quality, waste, and in terms of K3L between projects using precast walls and projects using the lightweight brick wall method. This research was conducted by (1) conducting a project simulation if the project did not use precast, (2) comparing a real project with a simulation project in terms of cost, quality, time, waste, and K3L. The use of precast in the Cordova project when compared to a simulation project that uses lightweight bricks results in (1) in terms of time saving 36,84 % on the simulation results project (2) in terms of costs can be reduced by Rp. 101.488.543,99 (3) in terms of quality precast material has The quality is better than the lightweight bricks (4) in terms of waste, in the simulation result project it creates more waste (5) in terms of K3L, the use of precast is more environmentally friendly than the simulation results project.

Kata kunci : *cost, precast, quality, time, waste*

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, ilmu pengetahuan pun juga mengalami perkembangan begitu juga pada dunia konstruksi. Banyak produk hasil inovasi yang terus berkembang. Dari beberapa produk hasil inovasi tersebut, tidak semuanya dapat diterima oleh konsumen, produk yang sesuai dengan keinginan konsumenlah yang nantinya akan banyak peminatnya. Salah satu produk yang diinginkan konsumen

dalam dunia konstruksi adalah produk yang menghasilkan *waste* paling sedikit karena berdasarkan data yang disampaikan oleh *Lean Construction Institute Waste* pada industri konstruksi *waste* yang dihasilkan sebesar 57% sedangkan kegiatan yang memberikan nilai tambah hanya sebesar 10% (Abduh, 2007). Saat ini sudah banyak berkembang produk hasil inovasi di dunia konstruksi, salah satunya adalah penggunaan beton

pracetak atau yang sering disebut dengan *precast*. Penggunaannya pun bervariasi mulai untuk dinding, pelat lantai, kolom, balok dan masih banyak lainnya. Tetapi pada kenyataannya produk tersebut belum sepenuhnya sesuai dengan keinginan *customer* dalam mewujudkan *lean construction* baik dari segi biaya, mutu, waktu, *waste* maupun dari segi K3L.

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). Sedangkan menurut (Soeharto, 1999) adalah suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas. Sebuah proyek terdiri dari urutan rangkaian kegiatan panjang dan dimulai sejak dituangkannya gagasan, direncanakan, kemudian dilaksanakan sampai benar-benar memberikan hasil yang sesuai dengan perencanaannya (Wohon, 2015)

Mutu

Mutu adalah sifat dan karakteristik produk atau jasa yang membuatnya memenuhi kebutuhan pelanggan atau pemakai /*customer* (Soeharto, 1995). Mutu dalam kaitannya dengan proyek diartikan sebagai memenuhi syarat untuk penggunaan yang telah ditentukan atau *fit for intended use*.

Agar suatu produk yang dihasilkan dari proses produksi maka seorang produsen harus menjaga mutu produksinya sesuai dengan standar yang telah diterapkan. Untuk mengontrol mutu dari suatu produk maka perlu dibentuk tim yang bertujuan menjamin mutu yaitu *Quality Control*.

Lean Construction

Lean Construction adalah suatu konsep yang dikembangkan oleh perusahaan otomotif yaitu Toyota oleh Taichi Ohno. Menurut (Yudakusumah, 2012) tujuan dari penerapan *lean construction* ini adalah untuk meminimalisir timbulnya pemborosan (*waste*) dan menitik beratkan pada pemaksimalan nilai (*value*) pada produk hasil konstruksi. Dengan penerapan *lean construction* diharapkan suatu proyek tidak mengalami pembengkakan dari segi biaya, mutu, dan waktu pelaksanaan karena secara langsung hal ini juga akan mempengaruhi penilaian pemilik proyek terhadap penyedia jasa. Menurut (Womack dan Jones, 2003). Menurut Womack dan Jones Prinsip *Lean Construction* yaitu :

1. Pendefinisian *value* harus sangatlah spesifik dan dilakukan oleh konsumen akhir.
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 ke kegiatan pengelolaan informasi, dan kepada kegiatan

- transformasi dari material mentah hingga produk akhir
3. Perpindahan nilai tersebut harus dilakukan secara mengalir, tidak ada hambatan.
 4. Untuk menghindari produk yang tidak terpakai dan mengurangi *waste*, maka produk sebaiknya diproduksi ketika diminta oleh pengguna.
 5. Kegiatan memperbaiki semua proses dengan terus menerus harus dilakukan untuk mencapai kesempurnaan.

Beton Pracetak / Precast

Menurut (Wahyudi dan Hanggoro, 2010) menyatakan bahwa beton adalah material konstruksi yang dewasa ini lebih banyak digunakan dibandingkan material lainnya seperti kayu dan baja. Beberapa alasan penggunaan material beton lebih banyak digunakan yaitu karena beton lebih tahan lama, kuat menerima beban tekan, lebih murah dan alasan lainnya adalah material pembentuknya mudah ditemukan di Indonesia. Seiring berkembangnya zaman berkembang pula inovasi pada bidang konstruksi dalam pengolahan beton yaitu beton pracetak (*precast*). Salah satu produk beton pracetak adalah *fly slab*. *Fly slab* merupakan campuran beton dengan tulangan yang dibuat dengan menggunakan sistem pracetak sehingga menghasilkan beton yang jauh lebih efektif, efisien dan ekonomis dari beton bertulang (Purwaningsih, 2014). Beton pracetak adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit

menjadi bangunan (SNI 7833, 2012). Dari definisi tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa beton *precast* adalah beton yang dicor pada lokasi lain baik pada *site* yang sama maupun pada pabrik khusus.

Sambungan Precast

Jenis sambungan antar komponen beton pracetak yang biasa dipergunakan dapat dikategorikan menjadi 2 kelompok yaitu (Wahyudi dan Hanggoro, 2010) :

- a. Sambungan kering / *dry connection*
Sambungan kering adalah sambungan antar komponen beton pracetak yang menggunakan plat besi sebagai penghubung yang kemudian dilas atau dibaut
- b. Sambungan basah / *wet connection*
Sambungan basah adalah sambungan antar beton pracetak yang ditandai dengan keluarnya besi tulangan dari beton pracetak. Besi tulangan ini dihubungkan dengan besi tulangan dari beton pracetak yang akan disambungkan dengan cara dicor di tempat.

Pada sebuah percobaan hubungan beban dengan lendutan dapat disimpulkan bahwa kekakuan benda uji kolom dengan sambungan lebih besar dibandingkan benda uji kolom monolite tanpa sambungan. Hal ini didapat dari rasio beban dengan lendutan kolom dengan sambungan (Adi *et al*, 2014).

Dinding Precast

Dinding merupakan salah satu struktur bangunan yang berfungsi untuk melindungi penghuni dari serangan

hewan buas, angin, panas matahari maupun hujan (Handayani, 2010). Sedangkan menurut (Sahid dan Safi'I, 2010), Dinding merupakan salah satu elemen bangunan yang membatasi satu ruang dengan ruang lainnya. Dinding memiliki fungsi sebagai pembatas ruang luar dengan ruang dalam, sebagai penahan cahaya, angin, hujan, debu dan lain-lain yang bersumber dari alam sebagai pembatas ruang di dalam bangunan, pemisah ruang dan sebagai fungsi arsitektur tertentu. Jika dilihat dari pembagian diatas maka dinding *precast* termasuk kedalam dinding non struktural karena jika dinding dirobuhkan maka tidak akan terjadi apa-apa dengan bangunan. Dinding *precast* adalah salah satu inovasi yang ada di dunia konstruksi. Pekerjaan dinding *precast* dilakukan dengan cara melakukan pengecoran pada tempat lain (*off site fabrication*) terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre assembly*) dan selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*) (Utomo, 2017). Keuntungan yang didapat ketika menggunakan beton *precast* adalah sebagai berikut :

1. Waktu pelaksanaan lebih cepat, karena pabrikasi dapat dilakukan terlebih dahulu atau tidak terikat dengan pekerjaan yang mendahuluinya.
2. Efisiensi pekerjaan bekisting (*formwork*), karena dapat mengurangi jumlah pemakaian perancah karena perancah dapat digunakan berulang kali tetapi dengan batas tertentu.

3. Pekerjaan tidak dipengaruhi oleh cuaca, jika pengerjaannya di dalam ruangan (pabrik).
4. Proses produksinya dapat dibuat bersamaan atau dalam jumlah banyak sekaligus.
5. Terdapat nilai artistik bentuk, karena kemudahan dalam pembuatan bentuknya.
6. Bentuk dan ukuran yang seragam memudahkan untuk menjamin proses *erection* tepat.
7. Elemen pracetak biasanya kualitasnya lebih tinggi.
8. Terdapat quality control terhadap produk.
9. Ketahanan terhadap api lebih tinggi dibanding dengan beton konvensional, karena dibuat dengan bahan bermutu tinggi.

Biaya Proyek

Dari pengertian proyek yang telah dijelaskan diatas bahwa proyek adalah kegiatan yang mempunyai durasi waktu dan mempunyai tujuan tertentu. Untuk mencapai tujuan tertentu tersebut tentu proyek memerlukan biaya untuk pelaksanaannya. Biaya proyek adalah pengeluaran untuk pelaksanaan proyek, operasional, serta pemeliharaan instalasi hasil proyek (Soeharto, 1999). Menurut Husen, 2009 biaya proyek dapat dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Biaya Langsung

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya tetap selama proyek berlangsung. Biaya tersebut terdiri dari

1. Biaya pembebasan lahan
2. Biaya sewa peralatan
3. Pembangunan kantor sementara (*direksi keet*)
4. Pengadaan material proyek
5. Biaya Pembangunan fasilitas pendukung lainnya.

Biaya Tak Langsung

Biaya tak langsung (*indirect cost*) adalah biaya yang harus dialokasikan untuk hal-hal yang tidak diprediksi sebelumnya termasuk biaya risiko dan biaya kualitas (Nuriana, 2015). Biaya tersebut meliputi :

1. Biaya manajemen proyek
2. Tagihan pajak
3. Biaya perizinan
4. Asuransi
5. Administrasi

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah produk *precast* memberikan kontribusi dalam mereduksi biaya, memberikan kualitas yang lebih bagus, pekerjaan selesai

lebih cepat, meminimalisir *waste*, dan aman dari segi K3L. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan dari segi biaya, mutu, waktu, *waste*, dan K3L antara proyek yang menggunakan *precast* dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan bata ringan. Dari perbandingan tersebut didapat selisih dari masing-masing item yang di komparasikan sehingga diketahui seberapa besar pengaruh penggunaan *precast* terhadap biaya, waktu, *waste*, dan K3L bila tidak menggunakan *precast*.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Cordova yang berada di Jalan Jalan Bukit Sari Raya, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang. Proyek ini dipilih karena pada proyek ini menggunakan *precast* untuk dinding bagian luarnya. Responden pada penelitian ini adalah dari pihak kontraktor.



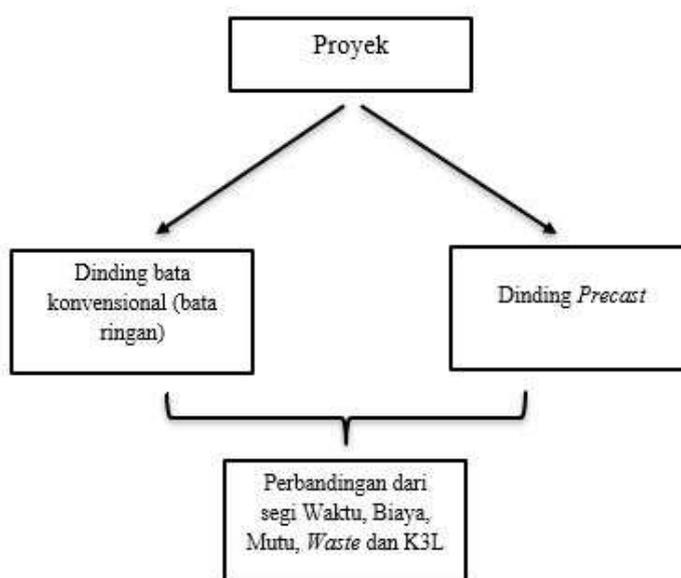
Gambar 1. Proyek Cordova Edupartment

Data yang didapat kemudian dibandingkan dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan dinding dari bata ringan. Analisis perbandingan dari segi waktu, biaya, mutu, *waste*, dan K3L dilakukan melalui tahapan berikut :

1. Sebelum melakukan perbandingan antara kedua proyek, terlebih dahulu melakukan simulasi sebagai

media pembanding. Simulasi dilakukan dengan mengasumsikan proyek yang sama tetapi menggunakan bata ringan sebagai dinding.

2. Langkah kedua adalah melakukan analisis perbandingan antara proyek *real* dengan proyek hasil simulasi ditinjau dari segi waktu, biaya, mutu, *waste*, dan K3L.



Gambar 2. Tahap Penelitian

Tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan perbandingan hasil yang diperoleh antara proyek *real* dengan proyek yang disimulasikan menggunakan bata ringan pada pekerjaan dindingnya. Setelah dilakukan perbandingan maka akan diperoleh hasil berapa banyak biaya, waktu, *waste* yang dapat direduksi dengan menggunakan jenis material yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan dari Segi Waktu

Dengan adanya perubahan jenis material dan metode pekerjaan pada suatu kegiatan proyek menyebabkan perubahan pada durasi pekerjaan. Pada proyek Cordova menggunakan precast untuk pekerjaan dinding luar. Pada proyek simulasi metode pekerjaan diubah menggunakan bata ringan untuk dinding luar. Dengan adanya perubahan metode pekerjaan tersebut, terjadi perubahan durasi pekerjaan. Adapun durasi pekerjaan pada proyek *real* yang menggunakan precast lebih cepat jika dibanding proyek simulasi

yang menggunakan bata ringan. Perubahan durasi tersebut disajikan pada Tabel 1 di bawah.

Perbandingan dari Segi Biaya

a. Biaya Langsung Proyek

Dari hasil perbandingan antara proyek *real* dengan proyek simulasi, dengan luasan yang sama tetapi menggunakan material yang berbeda didapat perbedaan biaya yang dikeluarkan. Adapun perbedaan biaya yang dihasilkan adalah seperti pada Tabel 2 di bawah. Biaya pekerjaan dinding yang menggunakan precast adalah sebesar Rp. 356.079.577,54 sedangkan dinding yang menggunakan bata ringan adalah sebesar Rp. 387.568.121,53. Selisih yang diperoleh dari pekerjaan tersebut adalah Rp. 31.488.543,99 atau sebesar 8,84 %.

b. Biaya Tidak Langsung Proyek

Dengan berkurangnya durasi proyek maka biaya tidak langsung pada proyek pun juga ikut berubah, biaya tidak langsung yang dikeluarkan untuk

setiap minggunya adalah Rp. 5000.000,00 per minggu. Jika proyek lebih cepat 14 minggu maka biaya tidak langsung yang dapat dihemat adalah $14 \times \text{Rp. } 5.000.000,00 = \text{Rp. } 70.000.000,00$

c. Biaya Total Proyek

Berdasarkan penjumlahan antara biaya langsung dan biaya tidak langsung, maka biaya yang dapat direduksi dengan penggunaan precast adalah sebesar $\text{Rp. } 31.488.543,99 + \text{Rp. } 70.000.000,00 = \text{Rp. } 101.488.543,99$.

Perbandingan dari Segi Waste

Dalam sebuah proyek, perbedaan metode pelaksanaan tentu akan menghasilkan jumlah *waste* yang berbeda juga. Berdasarkan wawancara dengan pihak kontraktor ada beberapa *waste* yang dihasilkan pada Proyek Cordova. Adapun perbedaan *waste* yang dihasilkan berdasarkan pengalaman kontraktor dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah.

Tabel 1. Perubahan Durasi Pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Durasi
1	Proyek <i>Real</i> (<i>Precast</i>)	24 Minggu
2	Proyek Simulasi (Bata Ringan)	38 Minggu

Tabel 2. Perbandingan Biaya

Aktivitas	Proyek <i>Real</i> (<i>Precast</i>)	Proyek Simulasi (Bata Ringan)
Pekerjaan Dinding Luar	Rp. 356.079.577,54	387.568.121,53

Tabel 3. Jenis Waste yang Dihasilkan

Jenis Waste	
Proyek Real (Precast)	Proyek Hasil Simulasi (Bata Ringan)
Memerlukan tempat penyimpanan	Sisa material pemotongan bata ringan
Memerlukan alat khusus	Memerlukan banyak tenaga kerja
	Sisa material <i>packing</i> bata ringan
	Sisa adukan perekat bata ringan
	Sisa adukan plasteran
	Sisa material bekisting kolom
	Sisa material yang beterbangan

Jumlah *waste* yang dihasilkan proyek yang menggunakan bata ringan lebih banyak jika dibandingkan dengan proyek yang menggunakan material *precast*, hal ini dikarenakan *precast* yang dikirim ke *site* berupa material jadi yang dimensinya sudah disesuaikan dengan kebutuhan yang ada sehingga mampu mengurangi *waste* yang ditimbulkan.

Perbandingan dari Segi Mutu

Material dinding yang digunakan pada Proyek Cordova Semarang adalah *precast* dengan mutu beton K 350 yang di pabrikasi di lokasi lain bukan pada *site*. Sedangkan pada proyek simulasi digunakan bata ringan dengan dimensi 60x20x10 cm yang direkatkan menggunakan *powerbond*. Pada Proyek Cordova Semarang dinding didesain dengan menggunakan *precast* dengan beton mutu tinggi dengan ketebalan 8 cm. Kelebihan dari penggunaan *precast* jika dilihat dari segi mutu yaitu keseragaman mutu dari *precast* karena dipabrikasi pada satu tempat yang sama dan dengan perlakuan yang sama pula dan diawasi oleh tenaga ahli yang berpengalaman di bidangnya, sehingga mutu yang

dihasilkan satu dengan yang lain seragam. Sedangkan pada proyek hasil simulasi menggunakan bata ringan yang mempunyai tebal dinding 10 cm. Pemasangan bata ringan dilakukan dengan tenaga manusia dimana *skill* antara tukang satu dengan yang lain biasanya berbeda sehingga mutu dinding yang dihasilkan juga berbeda. Pada umumnya tukang yang memasang dinding bata tidak memerlukan khusus layaknya pemasangan *precast*. Hal tersebut bisa mengakibatkan adanya cacat yang berakibat pada ketidakseragaman mutu dinding.

Perbandingan dari Segi K3L

Perlakuan proyek satu dengan proyek yang lain tentu tidak bisa dipukul rata, hal tersebut juga berlaku untuk pelaksanaan K3L. Pada Tabel 4 disajikan perbandingan dari segi K3L antara proyek *Real* dengan proyek hasil simulasi. Dari Tabel 4 di atas, dapat dilihat jika pekerjaan dinding yang menggunakan *precast* lebih aman dan lebih ramah lingkungan karena minim *waste*, aman bagi pekerja serta ikut serta menjaga kelestarian hutan dengan mengurangi penggunaan material kayu.

Tabel 4. Perbandingan K3L antara Proyek Real dan Simulasi

No	Indikator Perbandingan	Precast	Bata Ringan
1	Kecelakaan pekerja	√	√
2	Jumlah waste yang dihasilkan		√
3	Tertimpa Material		√
4	Pekerja terjatuh dari ketinggian	√	√
5	Menghasilkan polusi yang lebih banyak		√
6	Banyak material kayu yang tidak habis pakai		√

SIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan dan analisis data, maka diperoleh beberapa kesimpulan bahwa dari segi waktu, dengan menggunakan *precast* dapat memberikan penghematan sebesar 36,84% dibanding penggunaan bata ringan. Dari segi biaya, dengan menggunakan *precast* dapat mengemat biaya sebesar Rp. 101.488.543,99 dibanding penggunaan bata ringan. Sedangkan dari segi mutu, material yang digunakan untuk *precast* lebih kuat karena terbuat dari beton K350 yang lebih kuat dari bata ringan. Dari segi *waste*, pada proyek yang menggunakan *precast* menghasilkan *waste* yang lebih sedikit dibanding penggunaan bata ringan karena dimensi dikirim ke lokasi sudah sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Serta dari segi K3L, penggunaan *precast* lebih aman bagi lingkungan dan pekerja dibanding penggunaan bata ringan.

DAFTAR PUSTAKA

Abduh, M., 2007, Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisa Rantai Nilai, Seminar dan

Pameran HAKI 2007.

Adi, RY., Nurhuda, I., 2014, Perilaku dan Kekuatan Sambungan Kolom pada Sistem Beton Pracetak. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

Handayani, S., 2010, Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Semarang

Husen, A., 2009, Manajemen Proyek Edisi Revisi Diterbitkan oleh Penerbit CV ANDI Yogyakarta.

Nurdiana, A., 2015, Analisis Biaya Tidak Langsung Pada Proyek Pembangunan Best Western Star Hotel & Star Apartement Semarang. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.

Purwaningsih, I., 2014, Perbandingan Biaya dan Waktu Pada Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi dengan Beton Konvensional dan Fly

- Slab. Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas
Diponegoro, Semarang.
- Sahid, MN., dan Safi'I, 2010,
Analisa Perbandingan
Produktivitas Kerja Pada
Pekerjaan Dinding Bata
Konvensional Dengan
Material Limbah Serat Alami
Terhadap Sifat Fisika Bata
Merah Skripsi FMIPA
Universitas Negeri Padang,
Sumatera Barat.
- Soeharto, I., 1995, Manajemen
Proyek (Dari Konseptual
Sampai Operasional), Jakarta
: Erlangga.
- Soeharto, I., 1999, Manajemen
Proyek (Dari Konseptual
Sampai Operasional), Jakarta:
Erlangga.
- Tata Cara Perencanaan Beton
Pracetak dan Beton Prategang
untuk Bangunan Gedung
(SNI 7833, 2012).
- Utomo, PP., 2017, Analisis
Perbandingan Biaya dan
Waktu Pelaksanaan Pekerjaan
Dinding Eksterior
Menggunakan Dinding Beton
Pracetak dan Dinding Panel
Beton Ringan pada Proyek
Apartemen Gunawangsa
Merr Surabaya. Jurusan
Teknik Sipil Fakultas Teknik
Sipil dan Perencanaan Institut
Teknologi Sepuluh
Nopember, Surabaya.
- Wahyudi, H., dan Hanggoro, HD.,
2010, Laporan Tugas Akhir:
Perencanaan Struktur
Gedung BPS Provinsi Jawa
Tengah Menggunakan
Beton Pracetak. Jurusan
Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro,
Semarang.
- Wohon, Fransisko Yeremia, 2015,
Analisa Pengaruh Percepatan
Durasi Pada Biaya Proyek
Menggunakan Program
Microsoft Project 2013 (Studi
Kasus : Pembangunan Gereja
GMIM Syaloom
Karombasan). Jurusan Teknik
Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sam Ratulangi,
Manado
- 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, T., 2012, Aplikasi
Lean Construction untuk
Meningkatkan Efisiensi
Waktu Pada Proses Produksi
di Industri Precast. Tesis
Program Pascasarjana.
Universitas Indonesia,
Depok.