

KAJIAN PERBANDINGAN PENGARUH PENGGUNAAN BEKISTING ALUMINIUM DAN PERTH CONSTRUCTION HIRE (PCH) DALAM MEWUJUDKAN LEAN CONSTRUCTION

GINANJAR ABDUNNAFI^{1,*}, M. Agung Wibowo², Bambang Purwanggono³

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

²)Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

³)Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto,S.H., Tembalang, Kota Semarang, 50275

^{*})Email : ginanjar.abdunnafi@gmail.com

Abstract

Technological developments have led to innovations in construction materials science, one of which is formwork materials. There are several important aspects in formwork innovation, namely cost, speed, quality, waste, and health safety environment (HSE), but they have not fully had a positive impact on construction project development. However, it has not fully had a positive impact on construction projects. In addition, what aluminum formwork manufacturers offer so far may not necessarily suit the needs of customers. The purpose of this study is to analyze the comparison in terms of cost, time, waste, and HSE between projects using aluminum formwork and the same project simulated using Formwork Perth Construction Hire (PCH). In this study: (1) simulation on the project if the project uses PCH formwork (2) comparative analysis of products in terms of time, cost, quality, waste, HSE on real projects using aluminum formwork with projects that have been simulated using PCH formwork. The effect of using aluminum formwork when compared to a simulation project using PCH formwork: (1) in terms of the time it can provide 25.92% savings on the total duration of the simulation results project, (2) in terms of costs, it can provide a total cost savings of IDR 895,756,004,00 (3) in terms of quality, the use of aluminum formwork is stronger, durable quality, and the results of the concrete molding are tidier than using PCH formwork (4) in terms of waste, projects that use aluminum formwork produce less waste than using PCH formwork. PCH formwork. (5) in terms of HSE, aluminum formwork is safer, more environmentally friendly because it has minimal waste, and is safe for workers

Kata kunci : *aluminium formwork, cost, quality, time, waste, HSE*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi konstruksi dan pencapaian ilmiah dalam ilmu material saat ini menjadi suatu topik khusus tertentu yang sedang diperhatikan oleh banyak pihak. Seiring dengan perkembangan ini, diperlukan inovasi konstruksi yang mengarah pada peningkatan kecepatan dan

efektivitas konstruksi agar dapat mengikuti persaingan pasar yang dinamis. Oleh karena itu, pelaksana konstruksi harus meningkatkan nilai (*value*) suatu produk konstruksi dengan mengurangi pemborosan (*waste*) yang terjadi dalam proses pelaksanaan proyek konstruksi, atau lebih sering disebut prinsip konstruksi ramping

(*lean construction*). Konsep *lean construction* dapat memaksimalkan pekerjaan lantai tipikal dalam suatu proyek gedung bertingkat. Pekerjaan lantai tipikal memiliki kelebihan dimana desain antar lantai yang sama, sehingga simulasi pekerjaan dan volume pekerjaan struktur beton tiap lantai adalah sama (Sitinjak dkk., 2015). Menurut hasil penelitian Cho et al., (2004) komposisi material struktur-struktur beton bertulang di Korea Selatan untuk gedung 46 lantai adalah beton 28,4%, tulangan baja 30,4%, dan bekisting 41,2%. Sedangkan untuk gedung 53 lantai adalah beton 25,8%, tulangan baja 32,8%, dan bekisting 41,4%. Hal ini menunjukkan pentingnya efisiensi biaya dari struktur-struktur beton bertulang. Bekisting merupakan salah satu dari parameter biaya yang paling penting untuk dipertimbangkan dengan seksama, terutama untuk konstruksi dari struktur bangunan beton bertulang.

Saat ini terdapat beberapa macam produk hasil inovasi di industri konstruksi, salah satu bekisting sistem modern adalah elemen-elemen bekisting yang dibuat di pabrik, sebagian besar dari komponennya terbuat dari baja. Bekisting sistem ini dimaksudkan untuk penggunaan ulang yang besar untuk sejumlah pekerjaan (Ruslan, 2011). Salah satu sistem bekisting yang termasuk dalam sistem modern yaitu sistem bekisting aluminium (*aluminium formwork*). Penggunaan bekisting aluminium dilakukan dengan pengecoran *cast in situ* yang

mencakup *all in one system*, dengan tujuan untuk bangunan konstruksi tipikal dengan memastikan metode konstruksi yang cepat dan ekonomis. 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. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah produk *aluminium formwork* 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 *aluminium formwork* dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan bekisting PCH. Dari perbandingan tersebut didapat selisih dari masing-masing item yang di komparasikan sehingga diketahui seberapa besar pengaruh penggunaan *aluminium formwork* terhadap biaya, waktu, *waste*, dan K3L bila tidak menggunakan *aluminium formwork*. Penelitian ini juga akan menganalisis korelasi kebutuhan para *customer* / pengguna produk dengan kemampuan teknis yang ditawarkan oleh produsen *aluminium formwork*.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan para *customer* dan kemudian menghubungkannya dengan kemampuan teknis perusahaan, yaitu metode *Quality Function Deployment*. Pengertian *Quality Function*

Deployment (QFD) Menurut Rosnani (2010) adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui suara *customer* dan memastikan suara *customer* tersebut dapat diterjemahkan ke dalam strategi produk

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, spesifikasi teknis produk, dan gambar bestek proyek (*shop drawing*). Data yang didapat kemudian dibandingkan dengan proyek hasil simulasi yang menggunakan produk bekisting PCH. Analisis perbandingan dari segi waktu, biaya, mutu, *waste*, dan K3L dilakukan melalui tahapan berikut:

- Dilakukan simulasi pada proyek yang menjadi objek penelitian, simulasi dilakukan pada proyek dengan mengasumsikan bahwa proyek tersebut tidak menggunakan produk bekisting aluminium, tetapi menggunakan bekisting PCH.
- Dilakukan analisis perbandingan produk dari segi waktu, biaya, mutu, *waste*, dan K3L pada proyek *real* yang menggunakan bekisting aluminium dengan proyek yang telah disimulasikan tidak menggunakan bekisting aluminium.

Hasil yang didapat dari simulasi yaitu nilai keuntungan dari

penggunaan produk *aluminium formwork* dari segi biaya dan waktu yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan :

Output A = *Output* proyek yang disimulasikan tidak menggunakan produk *aluminium formwork*

Output B = *Output* proyek *real* yang menggunakan produk *aluminium formwork*

Analisis perbandingan dari segi mutu dilakukan dengan cara meninjau mutu produk *aluminium formwork* yang digunakan, selanjutnya dibandingkan dengan mutu Bekisting PCH. Analisis *waste* dilakukan dengan cara meninjau jumlah dan jenis *waste* yang ada / dihasilkan dari lokasi proyek yang menggunakan *aluminium formwork* kemudian dibandingkan bila proyek menggunakan Bekisting PCH. Analisis K3L dilakukan dengan mengklasifikasi kemungkinan risiko K3L yang dapat terjadi di lapangan, antara risiko penggunaan *aluminium formwork* dibandingkan dengan risiko penggunaan bekisting PCH.

Pengolahan data pada analisis *Quality Function Deployment (QFD)* dilakukan dengan cara pengumpulan data karakteristik kebutuhan konsumen dan karakteristik kemampuan teknis dari produk *aluminium formwork*, data tersebut kemudian diolah dengan metode *House of Quality*. Pada penelitian ini dilakukan analisis pada

empat bagian *House of Quality* yang meliputi *Customer Needs and Benefit*, *Technical Response*, *Relationship*, dan *Technical Correlation*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan dari Segi Waktu

Simulasi perubahan penggunaan jenis material dan metode pekerjaan pada suatu kegiatan proyek menyebabkan adanya perubahan pada durasi pekerjaan. Dimana pada *proyek tower*

3 The Alton Apartment menggunakan bekisting alumunium yang disimulasikan dengan mengubah metode pekerjaan menggunakan bekisting PCH. Adapun durasi pekerjaan pada proyek *real* yang menggunakan bekisting alumunium lebih cepat jika dibanding proyek simulasi yang menggunakan bekisting PCH. Perubahan durasi tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan durasi pekerjaan pada proyek *Real* dan Simulasi

No	Uraian Pekerjaan	Durasi
1	Proyek <i>Real</i> (<i>Aluminium Formwork</i>)	20 Minggu
2	Proyek Simulasi (Bekisting PCH)	37 Minggu

Perbandingan dari Segi Biaya

Perbandingan dari segi biaya dilakukan analisis antara biaya langsung, biaya tidak langsung, maupun biaya total pada pekerjaan yang menggunakan *aluminium formwork* dan pekerjaan yang disimulasikan menggunakan bekisting PCH.

1. Biaya Langsung Proyek

Hasil perbandingan antara proyek *real* dengan proyek simulasi memakai data luasan yang sama tetapi menggunakan material yang berbeda, didapat perbedaan biaya yang dikeluarkan dari penggunaan bekisting alumunium maupun bekisting PCH. Adapun perbedaan biaya yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Perbandingan Biaya pada proyek *Real* dan Simulasi

Aktivitas	Proyek <i>Real</i> (Rp)	Proyek Simulasi (Rp)
Pekerjaan Bekisting	4.094.420.670,00	4.934.176.674,00

Biaya pekerjaan bekisting alumunium adalah sebesar Rp 4.094.420.670,00, sedangkan biaya hasil simulasi menggunakan bekisting PCH adalah sebesar Rp 4.934.176.674,00. Penghematan biaya langsung yang diperoleh dari pekerjaan tersebut adalah Rp

839.756.004,00 atau sebesar 17,02 %.

2. Biaya Tidak Langsung Proyek

Dengan berkurangnya durasi total proyek, maka jumlah biaya tidak langsung yang harus dikeluarkan oleh pihak kontraktor untuk membiayai berbagai keperluan proyek juga akan berkurang, biaya

tidak langsung yang dikeluarkan untuk setiap minggunya adalah Rp 8.000.000,00 per minggu. Berdasarkan analisis perhitungan waktu antara proyek *real* dengan proyek simulasi didapat penghematan waktu sebesar 7 minggu. Biaya tidak langsung yang dapat dihemat adalah 7 x Rp 8.000.000,00 = Rp 56.000.000,00

3. Biaya Total Proyek

Berdasarkan penjumlahan antara biaya langsung dan biaya tidak langsung, maka biaya yang dapat direduksi dengan penggunaan

bekisting aluminium adalah sebesar
 $\text{Rp } 839.756.004,00 + \text{Rp } 56.000.000,00 = \text{Rp } 895.756.004,00$

Perbandingan dari Segi Mutu

Analisis perbandingan dari segi mutu pada penelitian ini dilihat dari beberapa klasifikasi, perbandingan mutu yang diambil mewakili dari segi kekuatan bekisting, kualitas tahan lama, dan hasil cetakan beton dari pekerjaan bekisting. Hasil perbandingan tersebut dapat disajikan pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Perbandingan Mutu antara proyek *Real* dan Simulasi

Klasifikasi	Proyek Real (Bekisting Aluminium)	Proyek Hasil Simulasi (Bekisting PCH)
Kualitas cetakan beton	Beton rapi/halus	Beton kurang rapi/halus
Waktu tunggu pembongkaran	2 hari	4 hari
Reusable	4 – 6 kali	150– 200 kali

Perbandingan dari Segi Waste

Masalah yang dihadapi setiap proyek tentu berbeda-beda, termasuk *waste* yang dihasilkan. Berdasarkan hasil wawancara peneliti dengan pihak kontraktor, terdapat beberapa macam *waste* yang dihasilkan pada Proyek *Tower 3 The Alton Apartemen*, baik dari segi waktu, bentuk material,

aktivitas yang sia-sia dan sebagainya. Berdasarkan wawancara dengan responden, perbandingan jenis *waste* yang dihasilkan pada proyek *bekisting Alumunium* dengan proyek yang disimulasikan dengan penggunaan Bekisting PCH disajikan pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Jenis *Waste* yang Dihasilkan

Proyek Real (Bekisting Aluminium)	Proyek Hasil Simulasi (Bekisting PCH)
Pin mudah hilang <i>Repair</i> akibat <i>system</i>	Banyak sampah kayu Pemakaian alat bantu <i>tower crane</i> Dinding luar (<i>facade</i>) menggunakan bata ringan Membutuhkan banyak tenaga kerja (<i>manpower</i>) Menunggu waktu bongkar bekisting

Perbandingan dari Segi K3L

Perbedaan metode kerja bekisting pada proyek sangat berpengaruh terhadap terjadinya risiko K3L. Perbandingan dari segi K3L antara proyek *Real* dengan proyek hasil Simulasi disajikan pada Tabel 5. Tabel 5 menjelaskan

bahwa pekerjaan yang menggunakan bekisting *aluminium* lebih aman, lebih ramah lingkungan karena minim *waste*, dan aman bagi pekerja serta ikut menjaga kelestarian hutan dengan mengurangi penggunaan material kayu.

Tabel 5. Perbandingan K3L antara Proyek *Real* dan Simulasi

No	Item Pemanding	Bekisting <i>aluminium</i>	Bekisting PCH
1	Pekerja terjatuh dari ketinggian	√	√
2	Tertimpa bekisting	√	√
3	Risiko pemakaian <i>tower crane</i>		√
4	<i>Waste</i> dari pemakaian kayu		√
5	Sistem <i>reshoring</i> pada pembongkaran bekisting		√

Analisis *Quality Function Deployment* (QFD)

Langkah pertama yang dilakukan pada penerapan *Quality Function Deployment* (QFD) adalah mengumpulkan pendapat konsumen mengenai kebutuhan konsumen (*customer needs*) atau memahami apa yang sebenarnya mereka inginkan dari sebuah produk. Hasil studi pustaka dan wawancara langsung terhadap pihak kontraktor, didapatkan *customer requirements* seperti pada Tabel 6 di bawah.

Setelah didapatkan data hasil analisis tingkat kepentingan responden terhadap *customer requirements*, langkah selanjutnya melakukan analisis kebutuhan konsumen ditinjau dari segi teknisnya yaitu *technical response*. Data *technical response* pada penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara secara langsung kepada pihak *supplier alform* yaitu PT. Kumkang Kind Indonesia. Pada Tabel 7 di bawah disajikan faktor utama yang ditawarkan oleh pihak *supplier precast* dalam mewujudkan *customer requirements* tersebut.

Tabel 6. Tingkat Kepentingan dari Sudut Pandang Kontraktor

No	Variabel kebutuhan konsumen	Tingkat kepentingan
1	Waktu konstruksi lebih cepat	5
2	Waktu perencanaan lebih cepat	4
3	Waktu material <i>onsite</i> / <i>delivery time</i> lebih cepat	5
4	Mereduksi biaya konstruksi	4
5	Menggunakan peralatan sederhana	4
6	Hasil cetakan beton rapi dan halus	4
7	Kualitas tahan lama (<i>Reusable</i>)	5
8	Tenaga kerja tidak membutuhkan keterampilan khusus	5

9	Dapat melakukan <i>overlapping</i> pekerjaan	4
10	Limbah material sedikit	5
11	Tingkat kecelakaan rendah	4

Tabel 7. *Technical Response* dari *Supplier Alform*

No	<i>Technical Response</i>
1	Waktu tunggu bongkar cepat
2	Perencanaan keselamatan kerja
3	Mobilitas antar lantai menggunakan lubang shaft
4	Pengecoran langsung pada dinding fasad
5	Pemasangan <i>alform</i> mudah
6	Mampu digunakan kembali hingga 250 kali
7	Menambah alat transportasi material <i>onsite</i>
8	Membutuhkan tenaga kerja yang minim
9	Sambungan antar panel konsisten
10	Tidak menggunakan kayu dalam pemasangannya
11	<i>System fix shoring alform</i>

Analisis selanjutnya yaitu mencari *Technical Correlation* yang menunjukkan hubungan antar atribut pada *Technical Response* satu dengan yang lainnya. Dua karakteristik teknis dari *Technical Response* yang mempunyai hubungan / korelasi positif sangat kuat diberi notasi “++”, jika hubungannya positif kuat diberikan notasi “+”, jika memiliki hubungan negatif kuat diberi notasi “-“, dan jika hubungan antara dua atribut adalah negatif sangat kuat maka diberikan notasi “--”.

Pada bagian selanjutnya adalah mencari hubungan antara atribut pada bagian *Customer Requirements* dengan atribut pada bagian *Technical Response*. Atribut pada bagian *customer requirements* yang memiliki hubungan yang kuat dengan item pada bagian *technical responses* diberikan simbol ● dan dalam perhitungan *House of Quality* mempunyai nilai 9, jika mempunyai hubungan yang sedang diberikan simbol ○ yang

mempunyai nilai 3, dan apabila memiliki hubungan yang lemah maka diberikan simbol ◐ dengan nilai 1.

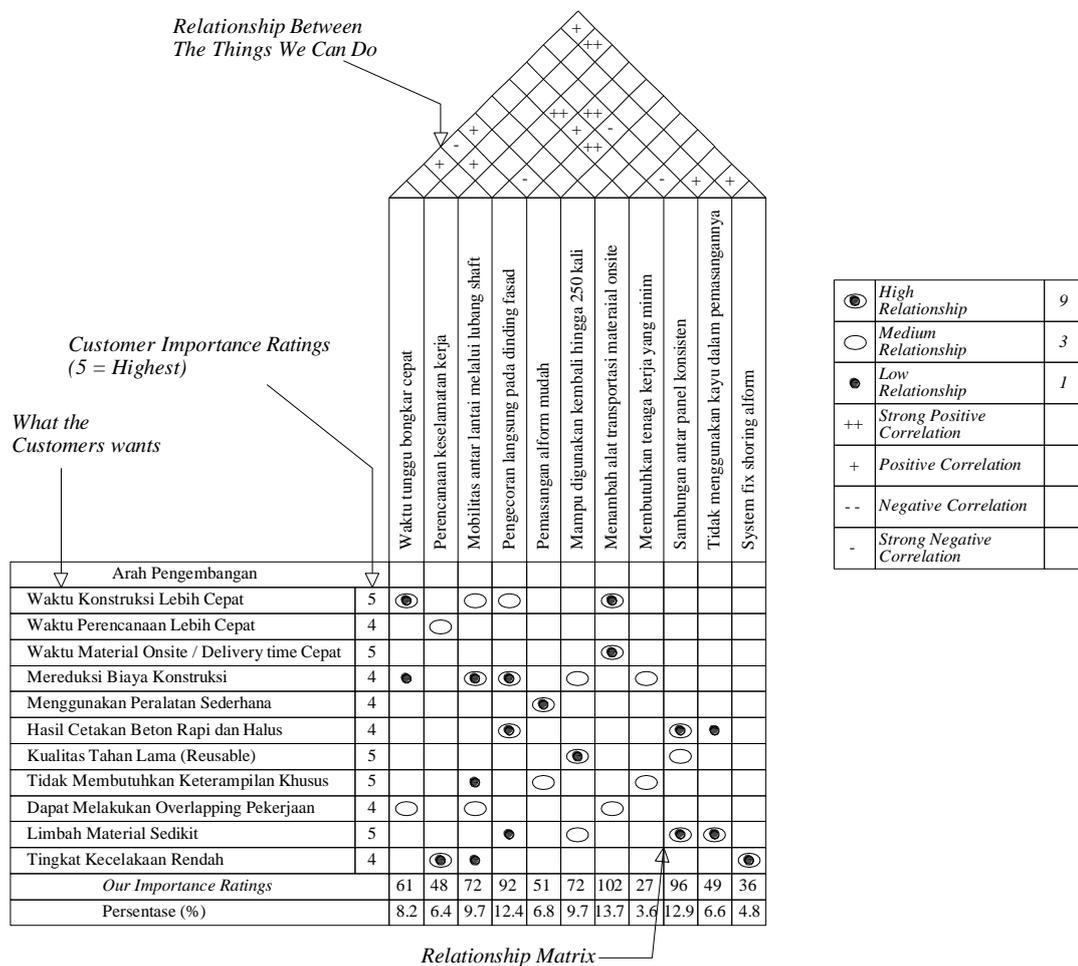
Semua nilai tersebut dikalikan dengan nilai *Importance Weighting* dan hasilnya dijumlahkan pada tiap kolomnya lalu dituliskan pada baris *Our Importance Ratings*. Analisis lengkap hubungan *Customer Requirements* dan *Technical Responses* disajikan dalam matriks *House of Quality*, berikut hasil analisis matriks *House of Quality* dari sudut pandang kontraktor yang disajikan pada Gambar 1.

Dari hasil analisis matrik *HoQ* pada penelitian ini, nilai tertinggi dari data manajemen konstruksi yaitu menambah alat transportasi material *onsite*. Oleh karena itu disarankan sebuah *improvement* yang dapat dilakukan dalam pengembangan produk *aluminium formwork*. Adapun beberapa hal yang harus dilakukan oleh *supplier* untuk meningkatkan

kualitas produk *alform* yaitu Penambahan area produksi bekisting *alform*.

Waktu material *onsite* merupakan salah satu hal penting yang mempengaruhi kecepatan konstruksi. Permasalahan yang terjadi dalam penggunaan material bekisting aluminium yaitu belum adanya area fabrikasi di Indonesia, sehingga lama

waktu material *onsite* dari setelah fabrikasi tergolong cukup lama karena melalui proses *shipping* dari pabrik Korea. Waktu *shipping* hingga material *onsite* diperkirakan bisa mencapai 5 – 7 minggu. Penambahan area produksi bekisting aluminium *formwork* merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat pengiriman *alform* ke lokasi proyek.



Gambar 1. Hasil Analisis Matriks *House of Quality*

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis perbandingan antara bekisting aluminium dengan bekisting PCH, maka didapat hasil ditinjau dari segi

waktu, analisis menggunakan bekisting aluminium dapat memberikan penghematan waktu sebesar 25,92% dibandingkan dengan penggunaan bekisting PCH. Ditinjau dari segi

biaya, dapat memberikan penghematan biaya sebesar Rp 895.756.004,00. Ditinjau dari segi mutu, penggunaan bekisting aluminium lebih kuat, kualitas tahan lama, dan hasil cetakan beton lebih rapi dari pada menggunakan bekisting PCH. Ditinjau dari segi *waste*, proyek yang menggunakan bekisting aluminium menghasilkan *waste* yang lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan bekisting PCH karena dapat mengurangi beban kerja *tower crane* sebagai alat bantu pemindahan material bekisting, selain itu penggunaan kayu beserta limbah-limbahnya berkurang karena diganti dengan material aluminium. Ditinjau dari segi K3L, penggunaan bekisting aluminium lebih aman, lebih ramah lingkungan karena minim *waste*, dan aman bagi pekerja serta ikut menjaga kelestarian hutan dengan mengurangi penggunaan material kayu. Berdasarkan analisis *House of Quality* secara keseluruhan, langkah-langkah yang perlu dilakukan oleh pihak *Supplier Alform* untuk memenuhi kebutuhan *customer* adalah Penambahan area produksi bekisting aluminium *formwork*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ini merupakan bagian laporan tesis di Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang tahun 2021. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian tesis penulis sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cho, Han-Wook., Roh, Song-Geun., Byun, Young-Min., Yom, Kyong-Soo, 2004, *Structural Quantity Analysis of Tall Buildings*, CTBUH Conference Proceedings, Oct. 11-13, Seoul Korea.
- Hanna, Awad S., 1999, *Concrete Formwork System*. University of Wisconsin: Marcel Dekker, Inc.
- Husen, A., 2009, *Manajemen Proyek*. Edisi Revisi Diterbitkan oleh Penerbit CV. ANDI Yogyakarta.
- Koskela, L., 1997, *Lean Production in Construction*, In Alarcon, L. F. (ed), *Lean Construction*, AA Balkema, Rotterdam, pp. 1-9.
- Mc Cormac, Jack C., 2004, *Desain Beton Bertulang-Edisi Kelima-jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Rosnani, Ginting, 2010, *Perancangan Produk*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ruslan, Ujang, 2011, *Analisis Bekisting terhadap Waktu Siklus Pengecoran Lantai Pada Gedung Bertingkat*, Tesis Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sandagie, Edwin, 2015, *Analisis Perbandingan Pengaruh Penggunaan Flyslab dan Plat Floordeck dalam Mewujudkan Lean Construction*. Tesis Magister Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang.

- Sitinjak, B.W., Arsianto, Y., Wibowo, M.A., dan Kristiani, F., 2015, *Pengaruh Penerapan Metode Lean Construction pada Biaya Pekerjaan Struktur Tipikal*. Jurnal Karya Teknik Sipil Volume 4 Nomor 4 Tahun 2015. Universitas Diponegoro.
- Soeharto. I., 1995, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Tim Proyek the Ayoma Apartement, 2018, *“Alform effect” perubahan paradigma utk efektivitas pelaksanaan proyek gedung*. Tim Proyek the Ayoma Apartement : Tangerang.
- Trijeti, 2011, *Studi Perbandingan Bekisting Konvensional dengan PCH*. Jurnal Konstruksia Volume 3 Nomor 1 Desember 2011.
- Tutuhatumewa, Alfredo, 2010, *Aplikasi Metode Quality Function Deployment dalam Pengembangan Produk Air Minum Kemasan*. Jurnal Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon. 04 (01). 11-19.