

ANALISIS PEKERJAAN TAMBAH KURANG DENGAN PERBANDINGAN BIAYA, DAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE KONVENSIONAL DAN MENGGUNAKAN SOFTWARE BIM

Studi Kasus Proyek Menara Jakarta

(Variation Order Analysis of Cost and Time Comparison Using Conventional Method and BIM Software)

Nabila Rizqa¹, Akhmad Dofir¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jakarta

E-mail: nabilarizqa02@gmail.com

Diterima 15 Mei 2022, Disetujui 30 Mei 2022

ABSTRAK

Semakin pesatnya kemajuan teknologi saat ini pada proyek konstruksi menjadikan banyaknya perkembangan di dalam dunia konstruksi. Saat ini BIM (Building Information Modelling) merupakan teknologi yang sangat memiliki dampak positif pada pekerjaan konstruksi yang dapat mempelajari proyek yang akan dibangun terlebih dahulu sebelum dibangunnya konstruksi tersebut. Dalam hal ini yang melatar belakangi penulis untuk menganalisis tentang keunggulan dari aplikasi BIM ini sendiri terutama pada aplikasi *Cubicost Glodon* untuk dapat mengerjakan pekerjaan Variation order atau kerja tambah kurang struktur area ground floor proyek Menara Jakarta dengan efektif dan efisien dibandingkan metode yang biasanya dimana menggunakan aplikasi Microsoft office excel dengan bantuan aplikasi Autocad. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa BIM dapat mempercepat waktu pekerjaan *variation order* 33% dibanding dengan metode konvensional, BIM dapat mengurangi kebutuhan sumber daya manusia 80% dibandingkan dengan metode konvensional, dan pada pekerjaan *variation order* ini BIM menghasilkan *quantity* dan biaya lebih kecil 2% jika dibandingkan dengan metode konvensional. Dengan nilai akhir perhitungan *variation order* yang didapat yaitu sebesar Rp2,753,063,689 dan berpengaruh terhadap nilai kontrak menjadi Rp 695,753,063,689 dengan penambahan nilai akhir perhitungan *variation order*, yang mulanya nilai kontrak sebesar Rp 693,000,000,000

Kata kunci: BIM, *Cubicost Glodon*, Proyek Konstruksi, Pekerjaan Tambah Kurang

ABSTRACT

The current rapid advancement of technology in construction projects has led to many developments in the world of construction. Currently BIM (Building Information Modeling) is a technology that has a positive impact on construction work which can study projects to be built before they are built. In this case, the background behind the author is to analyze the advantages of the BIM application, especially the Cubicost Glodon application for doing work. Order variations or work are less structured on the ground floor project area of Menara Jakarta effectively and efficiently compared to methods that usually use Microsoft office excel applications. with the help of the Autocad application. This study concludes that BIM can speed up the time of variation order works by 33% compared to conventional methods, BIM can reduce human resource requirements 80% compared to conventional methods, and in this variation, order works BIM produces quantity and is 2% smaller than the conventional method. With the final value of the variation order calculation obtained, which is Rp. 2,753,063,689 and it affects the contract value to Rp. 695,753,063,689 with the addition of the final value of the variation order calculation, which was originally the contract value of Rp. 693,000,000,000.

Keywords: BIM, *Cubicost Glodon*, Project Construction, Variation Order

PENDAHULUAN

Semakin pesatnya kemajuan teknologi saat ini pada proyek konstruksi menjadikan banyaknya perkembangan didalam dunia konstruksi. Saat ini BIM (Building Information Modelling) merupakan teknologi yang sangat memiliki dampak positif pada pekerjaan konstruksi yang dapat mempelajari proyek yang akan dibangun terlebih dahulu sebelum dibangunnya konstruksi tersebut.

Meskipun banyak definisi BIM yang telah dikembangkan oleh banyak penelitian, definisi yang ditetapkan oleh Sacks [1] adalah yang akan digunakan dalam penelitian ini. Sacks mendefinisikan *Building Information Modeling* (BIM) sebagai "sebuah pemodelan" teknologi dan serangkaian proses terkait untuk menghasilkan, berkomunikasi, dan menganalisis model bangunan." Penekanan khusus harus diberikan pada proses yang menjadi bagian dari BIM, dan bukan model itu sendiri. Secara khusus, BIM menyediakan platform pengambilan keputusan kolaboratif untuk memfasilitasi informasi berbagi untuk simulasi model dan manajemen proyek. Hal ini juga membantu untuk mengurangi miskomunikasi dan kesalahan di antara pihak di dalam proyek konstruksi (Isikdag & Underwood[2] dan Chen & Hou[3]). Dengan konteks ini sebagai latar belakang, proses dan fitur BIM berpotensi untuk mendukung prinsip-prinsip Konstruksi ramping yang menetapkan kerangka kerja untuk ini belajar.

Variation Order mengacu pada setiap perubahan ruang lingkup pekerjaan, perencanaan, dan spesifikasi atau dokumen kontrak dalam proyek konstruksi. Ada banyak interpretasi *variation order* dari tinjauan literatur. [4] menyatakan bahwa dalam tahap lelang dan konstruksi, istilah *variation order* adalah setiap perubahan pada pekerjaan di bawah pengawasan arsitek sebagai kontrak administrator yang atas nama klien atau pemilik pekerjaan. Di sisi lain, menafsirkan variasi dalam pekerjaan sebagai modifikasi ruang lingkup dan jadwal yang disepakati [5]. Umumnya *variation order* adalah perubahan atau modifikasi apa pun pada kontrak yang diberikan kepada kontraktor sebagai panduan bagi klien atau perwakilan klien. Hal ini termasuk variasi pada perencanaan, spesifikasi, atau salah satu dari dokumen kontrak

Variation Order atau pekerjaan tambah kurang merupakan hal yang sering terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi Gedung maupun sipil. *Variation Order* atau pekerjaan tambah kurang ini merupakan bentuk penyempurnaan design yang sudah ada di dalam sebuah kontrak pekerjaan. N. Mohammad dalam jurnal *Investigation On The Causes Of Variation Orders In The Construction of Building Project – A Study In The State Of Selangor, Malaysia* mengungkapkan tiga penyebab *Variation Order* yang paling signifikan yaitu perubahan rencana oleh pemilik, pergantian bahan dengan pemilik, dan perubahan desain konsultan.

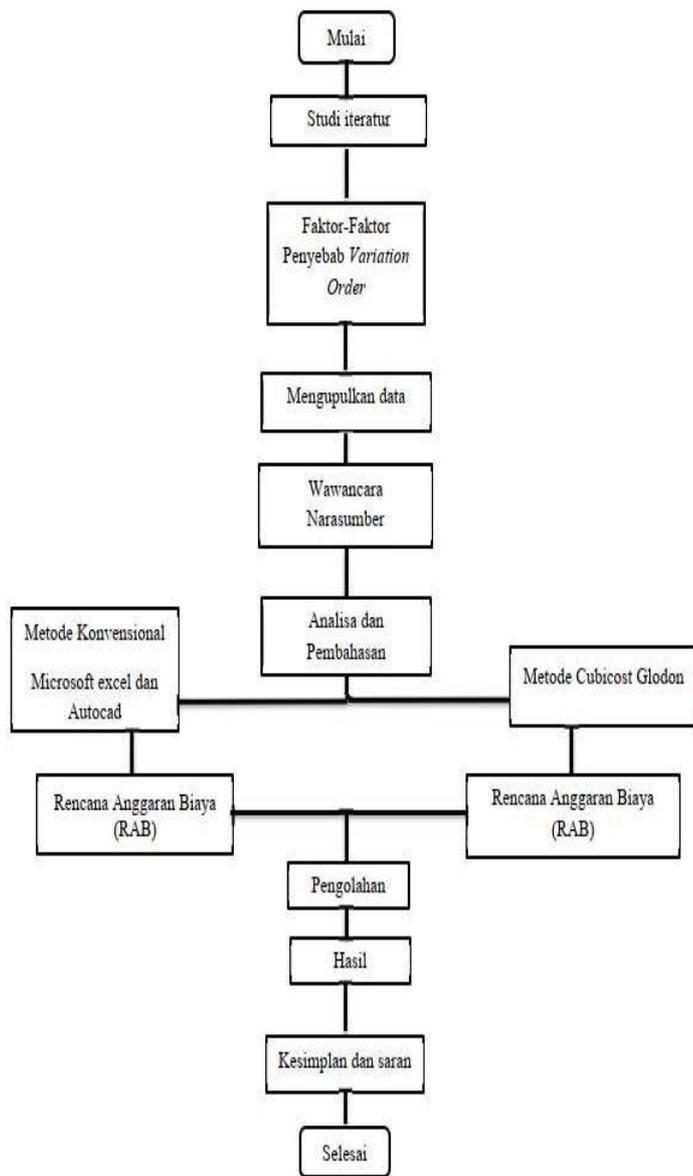
Tujuan dari penelitian ini adalah ingin membahas lebih jauh tentang suatu efisiensi dan keefektifan waktu dan biaya dari suatu aplikasi untuk perhitungan volume pada pekerjaan tambah kurang (*Variation Order*) Proyek Menara Jakarta Kemayoran, dengan menggunakan metode BIM (Building Information Modelling) yaitu Cubicost

Glodon. Cubicost merupakan sebuah rangkaian aplikasi atau *software* yang dibuat dan dikembangkan oleh Glodon International yang berpusat di Beijing, China. Cubicost merupakan rangkaian aplikasi khusus untuk perhitungan *quantity* (Take off Quantity) dan *pricing*, khususnya bagi kalangan yang bergerak didunia konstruksi dan lebih khusus lagi bagi yang berprofesi sebagai *QS Engineer* atau Estimator.

METODE

Dalam melakukan analisis tentang perubahan biaya akhir yang ditinjau dari pekerjaan *variation order*. Terlebih dahulu dilakukan perhitungan pekerjaan *variation order* dengan beberapa item pekerjaan yang berdampak perubahan. Perhitungan dilakukan dengan menghitung volume penambahan/pengurangan *quantity* pekerjaan dan perhitungan item baru yang telah disepakati berdasarkan *Engineering instruction* yang ada.

Menghitung penambahan/ pengurangan volume pekerjaan dimulai dari membandingkan gambar tender dan gambar konstruksi yang telah direncanakan, berikutnya akan menganalisa apakah terdapat penambahan/ pengurangan *quantity*. Perhitungan volume penambahan/ pengurangan dan item baru dengan menggunakan Standard Method of Measurement (SMM) yang berlaku dan membuat analisa harga satuan pekerjaan yang telah disepakati bersama. Dari hasil perhitungan volume dan analisa harga satuan pekerjaan tersebut di dapatlah biaya pekerjaan *variation order* tersebut. Berikut bagan alur penelitian dalam penelitian ini:



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada studi kasus ini membahas tentang perhitungan dan efisiensi waktu pekerjaan tambah kurang pada pekerjaan struktur atas pada proyek Menara Jakarta Kemayoran yang terletak di Kawasan Kemayoran, Kota Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Pekerjaan tambah kurang pada proyek Menara Jakarta Kemayoran menggunakan dua metode pekerjaan dimana analisa biaya dan waktu dari perhitungan menggunakan metode konvensional dan software BIM Cubicost (TRB dan TAS). Perhitungan analisa yang dibahas terdiri dari quantity take off dan rencana anggaran biaya sesuai gambar detail pada proyek Menara Jakarta Kemayoran.

Faktor Penyebab terjadinya Variation Order (Kerja Tambah Kurang)

Biaya proyek konstruksi adalah salah satu faktor yang terbesar dan paling penting dalam pelaksanaan konstruksi. Karena beberapa alasan, anggaran proyek

dapat saja berbeda dari nilai yang dianalisis ketika menyusun anggaran biaya. Hal ini diakibatkan oleh perubahan dalam lingkup tugas, spesifikasi, atau bentuk kesepakatan lainnya. Dalam bisnis konstruksi, *variation order* disusun setelah terjadi perubahan. Hal ini mencakup satu set dari order yang memungkinkan perubahan pekerjaan yang harus dilakukan persetujuan sebelumnya dalam hal kapasitas atau sifat pekerjaan untuk dilakukan. Ketika *variation order* dibuat, hal ini membawa beberapa dampak yang bisa saja tidak diinginkan baik bagi pemberi kerja maupun pelaksana konstruksi [6].

Variation order adalah deviasi yang dialami pada setiap proyek dari kontrak dasar atau ruang lingkup kerja bersama disepakati pada waktu kontrak. Pada kesepakatan tertulis antara para pihak yang mengadakan kontrak bahwa mewakili penambahan, penghapusan, atau revisi pada dokumen kontrak, mengidentifikasi perubahan harga dan waktu dan menjelaskan sifat pekerjaan yang terlibat (CMAA, 1993). *Variation order* muncul akibat beberapa penyebab, yang beberapa penyebabnya dapat diperkirakan dan yang lain tidak.

Banyak peneliti telah mengidentifikasi berbagai penyebab terjadinya *variation order* (CII, 1990a; Thomas and Napolitan, 1995; Clough dan Sears, 1994; Fisk, 1997; Ibbs dkk., 1998; O'Brien, 1998; Mokhtar dkk., 2000; Gray dan Hughes, 2001; Arain et al., 2004). Sebagai hasil tinjauan literatur, total terdapat 18 penyebab yang telah diidentifikasi seperti yang akan dibahas di bawah ini [7].

Perubahan jadwal: Perubahan jadwal selama fase konstruksi proyek dapat mengakibatkan realokasi sumber daya. Perubahan jadwal berarti bahwa kontraktor akan diminta untuk menyediakan sumber daya tambahan atau membiarkan beberapa sumber daya menganggur. Di kedua kasus, biaya tambahan dikeluarkan (Fisk, 1997; O'Brien, 1998).

Perubahan ruang lingkup: Perubahan rencana atau ruang lingkup proyek adalah salah satu penyebab paling signifikan dari variasi dalam proyek konstruksi (CII, 1990b). Hal ini biasanya hasil dari perencanaan yang tidak memadai pada definisi proyek panggung atau karena kurangnya keterlibatan pemilik dalam fase desain (Arain et al., 2004).

Masalah keuangan pemilik: Keuangan pemilik masalah dapat mempengaruhi kemajuan proyek (Clough dan Sears, 1994; O'Brien, 1998). Masalah ini sering menyebabkan perubahan jadwal dan spesifikasi kerja, mempengaruhi kualitas konstruksinya.

Hambatan untuk mempercepat proses pengambilan keputusan: Pengambilan keputusan yang cepat merupakan faktor penting untuk keberhasilan proyek (Sanvido et al., 1992; Gray dan Hughes, 2001). Kegagalan untuk membuat keputusan secara efisien dapat mengakibatkan keterlambatan, menyebabkan perlunya perubahan pesanan karena kenaikan biaya.

Sifat keras pemilik: Proyek bangunan adalah hasil dari upaya gabungan para profesional terlibat, yang harus bekerja di berbagai antarmuka dari sebuah proyek (Wang, 2000; Arain et al., 2004). Jika pemilik keras kepala maka ini bisa menyebabkan besar variasi pada tahap akhir proyek.

Perubahan spesifikasi oleh pemilik: Perubahan spesifikasi adalah fenomena umum dalam konstruksi

proyek dengan tujuan proyek yang tidak memadai (O'Brien, 1998). Jika perubahan ini dalam spesifikasi desain atau persyaratan dilakukan, ini mengarah ke variasi dalam fase konstruksi.

Perubahan desain oleh konsultan: Perubahan dalam perbaikan desain oleh konsultan adalah norma dalam praktik profesional kontemporer (Arain et al., 2004).

Perubahan desain sering terjadi pada proyek-proyek di mana: konstruksi dimulai sebelum desain diselesaikan (Fisk, 1997). Perubahan tersebut mempengaruhi proyek dalam berbagai cara tergantung pada waktu perubahan.

Konflik antar dokumen kontrak: Konflik antar dokumen kontrak dapat mengakibatkan salah tafsir tentang kebutuhan sebenarnya dari suatu proyek (CII, 1986). Adalah penting bahwa dokumen kontrak jelas dan tepat. Detail tidak cukup dalam kontrak dokumen dapat mengakibatkan penundaan proyek penyelesaian atau menyebabkan variasi biaya.

Kompleksitas desain: Desain kompleks membutuhkan keunikan keterampilan dan metode konstruksi (Arain et al., 2004). Kompleksitas mempengaruhi aliran kegiatan konstruksi, sedangkan pekerjaan konstruksi yang lebih sederhana dan linier adalah relatif mudah untuk ditangani (Fisk, 1997).

Detail gambar kerja yang tidak memadai: Untuk menyampaikan konsep lengkap dari desain proyek, kerja gambar harus jelas dan ringkas (Geok, 2002). Detail gambar kerja yang tidak memadai dapat mengakibatkan salah tafsir tentang persyaratan aktual untuk proyek (Arain et al., 2004), menyebabkan variasi dalam proyek.

Perubahan spesifikasi oleh konsultan: Perubahan dalam spesifikasi sering diamati dalam konstruksi proyek (O'Brien, 1998). Perubahan spesifikasi menghasilkan variasi pada proyek, yang menyebabkan penundaan dan peningkatan biaya keseluruhan.

Tidak tersedianya peralatan: Tidak tersedianya peralatan adalah masalah pengadaan yang dapat mempengaruhi penyelesaian proyek (O'Brien, 1998).

Kekurangan tenaga terampil: Tenaga terampil adalah salah satu sumber daya utama yang dibutuhkan untuk teknologi proyek (Arain et al., 2004). Variasi dan penundaan mungkin terjadi karena kurangnya tenaga terampil.

Kesulitan keuangan kontraktor: Konstruksi adalah industri padat karya. Apakah kontraktor memiliki dibayar atau tidak, upah pekerja tetap harus dibayar (Thomas dan Napolitan, 1995). Jika seorang kontraktor mengalami kesulitan keuangan selama proyek, hal itu dapat mengakibatkan kurangnya ketersediaan sumber daya.

1. Metode Konvensional

Pada metode konvensional perhitungan pekerjaan tambah kurang area ground floor pihak yang terlibat adalah kontraktor. Dengan dilakukannya wawancara terhadap pihak yang terlibat maka di dapatkan hasil pada table berikut :

Tabel 1. Tabel Hasil Wawancara 1

Deskripsi	Keterangan
Nama	Wahyu

Nama Perusahaan	MULTIKON
Jabatan/ Posisi	QS/ Kontraktor
Waktu Perhitungan	2 Bulan
Jumlah Tenaga Kerja	± 5 orang

Pada table 1 dapat dilihat bahwa jumlah tenaga yang dibutuhkan untuk pekerjaan tambah kurang struktur area ground floor Menara Jakarta Kemayoran adalah ±5 orang dengan efisiensi waktu 2 Bulan

2. BIM (Building Information Modeling)

Tabel 2. Tabel Hasil Wawancara 2

Deskripsi	Keterangan
Nama	M Reshki Maulana
Nama Perusahaan	AECOM
Jabatan/Posisi	Senior Quantity Surveyor/Konsultan
Waktu Perhitungan	1,5 Bulan
Jumlah Tenaga Kerja	2 orang

Pada table 2 dapat dilihat bahwa jumlah tenaga yang dibutuhkan untuk pekerjaan tambah kurang struktur area ground floor Menara Jakarta Kemayoran adalah 2 orang dengan efisiensi waktu 1,5 Bulan.

Analisa Harga Pekerjaan Variation Order

Setelah dilakukan perhitungan volume antara kontraktor dan konsultan yang menggunakan dua metode yang berbeda maka didapatkanlah perbandingan volume dan biaya sebelum dilakukannya klarifikasi Volume dan Harga antara Kontraktor dan Konsultan QS. Untuk harga dari pekerjaan *variation order* struktur area ground floor Menara Jakarta ini menggunakan harga kontrak yang telah disetujui bersama.

Didapatkan volume dengan metode BIM sebesar Rp 4,689,948 dengan total biaya sebelum pengurangan nilai kontrak sebesar Rp 44,138,313,930 sedangkan yang menggunakan metode konvensional sebesar Rp 4,725,502 dengan total biaya sebelum pengurangan nilai kontrak sebesar Rp 45,062,730,023. Setelah dilakukan klarifikasi Bersama didapatkan data perhitungan akhir hasil antara Konsultan dan Kontraktor pada *Variation Order* Struktur Area Ground Floor Menara Jakarta dengan quantity total akhir sebesar Rp 4,444,860 dengan total biaya sebelum pengurangan nilai kontrak sebesar Rp 43,626,198.008 dengan total biaya setelah pengurangan nilai kontrak yaitu Rp 2,756,872,070. Dan final review oleh pemilik proyek yaitu sebesar Rp 43,664,686,027 dengan total biaya setelah pengurangan nilai kontrak yaitu Rp 2,753,063,689.

Analisa Nilai Proyek Setelah Variation Order

Dengan didapatkannya nilai *Variation Order* Struktur Area Ground Floor Menara Jakarta sebesar Rp 2,753,063,689 maka nilai proyek bertambah menjadi Rp 695,753,063,689.

Variation order merupakan salah satu aspek yang tidak dapat dihindari sepenuhnya (Mohamed, 2001). Ssegawa dkk. (2002) lebih lanjut menambahkan bahwa adanya klausa *variation order* dalam kontrak berarti mengakui bahwa tidak ada proyek yang dapat diselesaikan tanpa terjadi perubahan. Bahkan jika sudah direncanakan dengan hati-hati, kemungkinan akan ada perubahan pada ruang lingkup kontrak sebagai pekerjaan berlangsung akan tetap ada (Harbans, 2003). Hanna dkk. (2002) menunjukkan bahwa *variation order* terjadi mengingat keunikan setiap proyek dan sumber daya waktu yang terbatas dan keterbatasan anggaran yang tersedia untuk perencanaan.

Hanna dkk. (2002) dalam studi mereka "Kuantitatif" definisi proyek yang dipengaruhi oleh perintah Perubahan" menemukan bahwa itu tidak dapat dihindari perubahan yang timbul dari variasi yang berdampak pada proyek dan bahwa perubahan tersebut dapat menyebabkan gangguan dan perubahan kondisi kerja yang pada akhirnya menyebabkan hilangnya produktifitas. Penelitian mereka juga menunjukkan bahwa faktor-faktor lain berinteraksi dengan jumlah perubahan (seperti waktu perubahan, jenis perubahan, ukuran proyek) atau disebabkan oleh perubahan (gangguan seperti jumlah tenaga kerja berlebih pada suatu waktu, lembur, dan ketidakhadiran) yang menentukan apakah sebuah proyek akan atau telah terpengaruh. Ringkasan mereka lebih lanjut menunjukkan bahwa, sebagian besar proyek dipengaruhi oleh perubahan yang dikaitkan oleh perancang dan yang disebabkan oleh kesalahpahaman tentang desain oleh kontraktor.

Variation order terjadi karena sejumlah alasan mulai dari keuangan, desain, estetika, geologis, kondisi cuaca hingga kelayakan konstruksi, undang-undang perubahan, peningkatan produk, perbedaan antara dokumen kontrak (Hanna et al., 2002; Ssegawa dkk., 2002; Harbans, 2003; Uyun, 2007). alam dan frekuensi kemunculan variasi bervariasi dari satu proyek ke proyek lainnya tergantung pada berbagai faktor (Kaming, et al., 1997).

Dampak dari variation order

Dampak *variation order* pada proyek konstruksi diamati oleh banyak peneliti dan dikutip oleh Faisal dan Low dalam studi mereka "Efek potensial dari *variation order* pada proyek pembangunan institusional" menyoroti berbagai efek *variation order* sebagai diteliti oleh penulis yang berbeda untuk menjadi kemajuan yang terpengaruh tetapi tanpa penundaan.

Menurut Sunday, 2010 [8], berikut adalah dampak jangka pendek dan jangka panjang dari terjadinya *variation order* (Assaf et al., 1995), peningkatan biaya proyek, keterlambatan pembayaran, perekrutan baru profesional untuk menangani proyek teknologi yang kompleks (CII, 1995), peningkatan biaya *overhead* (O'Brien, 1998), penurunan kualitas, keterlambatan logistik (Fisk, 1997), penurunan produktivitas, gangguan, penundaan, dan pengalihan pekerjaan yang terkait dengan *variation order* memiliki dampak negatif pada produktivitas tenaga kerja, penundaan pengadaan (O'Brien, 1998), pengerjaan ulang dan pembongkaran

(Clough dan Sears, 1994). (Fisk, 1997), merusak reputasi perusahaan (Fisk, 1997; Kumaraswamy et al., 1998), kondisi keamanan yang buruk (O'Brien, 1998; Arain dan Pheng, 2005), hubungan profesional yang memburuk (Fisk, 1997), penundaan jadwal penyelesaian pekerjaan, dan jadwal penyelesaian proyek yang mengalami penundaan adalah hasil yang paling sering terjadi dari *variation order* yang berlebih dalam proyek konstruksi (Ibbs, 1997b).

KESIMPULAN

Faktor penyebab terjadinya *variation order* pada pekerjaan struktur ground floor area proyek Menara Jakarta adalah perubahan desain struktur pada spesifikasi material oleh konsultan perencana dan perbedaan antara gambar rencana dengan kondisi di lokasi proyek. Perbandingan biaya analisis *variation order* dengan metode konvensional dan menggunakan BIM adalah Rp. 45,062,730,023 dan Rp. 44,138,313,930 untuk BIM. Sementara perbandingan waktu analisis adalah estimasi 2 bulan untuk metode konvensional dan 1,5 bulan untuk BIM.

Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa detail gambar kerja yang tidak memadai, perbedaan gambar desain, dan perbedaan antara dokumen kontrak dengan gambar kerja adalah sumber *variation order* yang paling umum, karena konsultan, perubahan rencana atau ruang lingkup oleh pemilik, hambatan dalam keputusan cepat proses pembuatan, dan tujuan proyek yang tidak memadai sebagian besar berkontribusi pada variasi pemilik. Alasan umum kontraktor untuk variasi adalah kondisi lokasi yang berbeda, kekurangan tenaga terampil, dan profitabilitas yang diinginkan kontraktor. Ada sebuah hubungan antara penilaian oleh responden tentang konsultan terkait variasi dan proyek yang ditangani oleh konsultan.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa dampak *variation order* memiliki dampak signifikan yang lebih besar pada proyek yang ditangani oleh konsultan daripada staf proyek internal terlepas dari jenis dan ukuran proyek. Hal ini diharapkan dapat mendorong manajemen untuk meninjau kondisi di mana konsultan dan staf internal beroperasi menjadi lebih baik memahami kegunaan konsultan dan profesional konstruksi internal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih atas dukungan yang diberikan selama penelitian kepada pembimbing dan FTUP, pihak manajemen konstruksi yang telah mendukung dan membantu dalam memberikan data untuk memenuhi penyelesaian penelitian, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. E. G. L. P. T. R Sacks, *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*, Third Edition. New Jersey: Wiley & Sons, Inc, 2018.

- [2] U. Isikdag and J. Underwood, "Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration," *Automation in Construction*, vol. 19, no. 5, pp. 544–553, Aug. 2010, doi: 10.1016/j.autcon.2009.11.006.
- [3] H.-M. Chen and C.-C. Hou, "Asynchronous online collaboration in BIM generation using hybrid client-server and P2P network," *Automation in Construction*, vol. 45, pp. 72–85, Sep. 2014, doi: 10.1016/j.autcon.2014.05.007.
- [4] H. Singh, *Engineering and Construction Contracts Management. Post-Commencement Practice*, Second Edition. Selangor: LexisNexis, A Division of Reed Elsevier (Singapore), 2003.
- [5] E. R. Fisk, *Construction Project Administration*, Ten Edition. New jersey: Prentice Hall, 2013.
- [6] A. B. Gobana and A. S. Thakur, "Critical Review on Causes and Effects of Variation Order on Construction Project," *Critical Review - International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 4, no. 12, pp. 1602–1606, 2017.
- [7] A. hameed Memon, I. A. Rahman, and M. F. A. Hasan, "Significant Causes and Effects of Variation Orders in Construction Projects," *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, vol. 7, no. 21, pp. 4494–4502, 2014.
- [8] O. A. Sunday, "Impact of variation orders on public construction projects," in *26th Annual ARCOM Conference*, Sep. 2010, pp. 101–110.