

Pengaruh *Clash Detection* Pada Proses Perencanaan Biaya Pada Laboratorium PUT

Alwan Izzudin, Irika Widiyanti

Universitas Negeri Jakarta

*Correspondence email: alwanizzudin318@gmail.com, irika@unj.ac.id

Abstrak. Salah satu upaya untuk menghindari terjadinya pekerjaan yang berulang yang dikarenakan kesalahan dalam perencanaan proyek konstruksi dapat dideteksi sejak awal dengan mengimplementasikan BIM (*Building Information Modelling*) yang dapat melakukan analisis tabrakan (*Clash detection*) pada setiap disiplin pekerjaan struktur, arsitektur, MEP maupun disiplin lainnya. Sebelum adanya BIM ini *clash* yang terjadi pada proses konstruksi bangunan menjadi salah satu faktor penyebab biaya pada pekerjaan membengkak. Sehingga mengimplementasikan *Building Information Modelling* menjadi salah satu Upaya untuk menghindari permasalahan tersebut. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis *clash detection* pada bangunan Lab PUT pada disiplin pekerjaan struktur, arsitektur dan juga MEP. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan 3D *Modelling* terlebih dahulu menggunakan *software autodesk revit* pada bangunan Lab PUT, lalu selanjutnya melakukan analisis *clash detection* menggunakan *software autodesk naviswork* dan dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya pada setiap pekerjaan yang terdampak *clash detection*. Setelah melakukan *clash detection* dapat ditemukan *clash* yang terjadi pada disiplin pekerjaan struktur, arsitektur dan MEP yang setelah dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya dapat menghemat biaya pekerjaan hingga 80 Juta rupiah.

Kata Kunci: *Building Information Modelling, Clash Detection, Rencana Anggaran Biaya*

Abstract. One effort to avoid repetitive work due to errors in construction project planning can be detected from the start by implementing BIM (*Building Information Modeling*) which can carry out collision analysis (*Clash detection*) in each discipline of structural work, architecture, MEP and other disciplines. Before the existence of BIM, clashes that occurred in the building construction process were one of the factors causing work costs to increase. So implementing *Building Information Modeling* is one effort to avoid these problems. In this research, *clash detection* analysis will be carried out in the PUT Lab building in the structural, architectural and MEP work disciplines. The stages carried out in this research were first carrying out 3D Modeling using Autodesk Revit software on the PUT Lab building, then carrying out *clash detection* analysis using Autodesk Naviswork software and calculating the cost budget plan for each job affected by *clash detection*. After carrying out *clash detection*, clashes can be found that occur in the structural, architectural and MEP work disciplines which after calculating the budget plan can save work costs of up to 80 million rupiah.

Keywords: *Building Information Modelling, Clash detection, Cost Budget Plan*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi mempunyai banyak dampak terhadap dunia konstruksi. Dunia konstruksi memiliki peran yang cukup penting pada peningkatan ekonomi dan lapangan kerja. Karena kompleksnya pekerjaan maka diperlukan manajemen proyek untuk mempermudah dan meminimalisir kesalahan pada proses pembangunan dan pengawasan. Manajemen proyek merupakan proses pengelolaan sebuah proyek yang meliputi tahap perencanaan, pengorganisasian dan pengaturan tugas-tugas sumber daya untuk menciptakan tujuan yang ingin dicapai, dengan tetap mengacu pada pertimbangan faktor-faktor biaya dan waktu (Prajawati, 2013). Hal ini di buktikan dengan semakin maraknya pembangunan gedung bertingkat, jembatan dan infrastruktur lainnya. Semakin meningkatnya permintaan pembangunan dengan waktu yang terbatas mendorong penggunaan sistem yang dapat mempercepat pekerjaan dengan lebih efisien yang biasa kita kenal dengan *Building Information Modelling* (BIM).

Definisi *Building Information Modelling* (BIM)

BIM adalah seperangkat teknologi, proses, kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara kolaborasi dan integrasi dalam sebuah model digital. Penggunaan BIM dalam pekerjaan konstruksi, proses desain, pengadaan, dan pelaksanaan konstruksi dapat dengan mudah terhubung. Selain itu,

memungkinkan pelaku yang terlibat dalam suatu proyek bekerja secara kolaborasi (Eastman et al., 2011). Bentuk pengaplikasian BIM untuk perencanaan sebuah proyek merupakan penggabungan dari hasil beberapa perangkat lunak konvensional sekaligus, hal ini merupakan sebuah kemajuan efisiensi perencanaan proyek (Adhi, R.P 2016). Dasar dari prinsip BIM adalah penggunaan model bangunan 3 dimensi (3D) untuk mendapatkan semua gambar proyek yang diperlukan, termasuk tampak bangunan, potongan, gambar keperluan presentasi, proses render, dan gambar detail konstruksi, keperluan *quantity calculation* dan estimasi harga guna memudahkan proses perencanaan (Ramadiaprani, 2012). BIM mempunyai implikasi memberikan perubahan, mengakselerasi pertukaran model 3D antara bidang ilmu berbeda, sehingga pertukaran informasi menjadi cepat dan mempunyai pengaruh terhadap pelaksanaan konstruksi (Eastman C., 2008). Meskipun keuntungan BIM sangat menjanjikan/ membawa banyak manfaat untuk desain tetapi para desainer masih berjuang untuk menerapkan BIM pada tahap paling awal dari proses desain. (Afsari, 2012). Di beberapa negara penggunaan BIM belum dapat dimaksimalkan. Aplikasi BIM saat ini membutuhkan tingkat pemahaman elemen arsitektural yang relatif tinggi. (Park, 2008). Pada industri konstruksi di Indonesia, menyatakan bahwa penggunaan BIM belum maksimal, karena terbatasnya sumberdaya manusia yang menguasainya (Fundra, 2014). Oleh karena itu penulis akan melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pengimplementasian *Building Information Modelling* pada proses perencanaan biaya bangunan Lab PUT dengan salah satu Salah satu fitur yang dapat kita gunakan pada BIM yaitu *Clash Detection*.

Permodelan pada bangunan yang dimodelkan dalam bentuk 3D mendapatkan beberapa manfaat seperti kesalahan dalam melakukan perencanaan / desain dapat diketahui secara otomatis menggunakan BIM, teknologi BIM mampu mendeteksi *clash* atau tabrakan yang terjadi antar *disciplin* struktur, arsitektur maupun *disciplin* lainnya yang menjadikan teknologi ini mampu meminimalisir adanya pekerjaan berulang atau pekerjaan tambahan pada saat pelaksanaan konstruksi (Arissaputra, S. and Yaya, Y., 2023). Pengadopsian BIM mampu meningkatkan produktifitas, mengefisienkan pemakaian sumber daya dan mengefektifkan metode pelaksanaan sehingga pekerjaan yang kompleks di lapangan dapat diantisipasi dan dikoreksi pada tahap *design and engineering* (pra-konstruksi) (Heryanto, S. and Subroto, G., 2020). Menurut (Nugrahini and Permana, 2020) *clash detection* akan memudahkan dalam menemukan kesalahan dan kelalaian desain. Pada proyek konstruksi bangunan semua perencana akan menghasilkan model sesuai dengan disiplin setiap pekerjaannya. Seperti disiplin struktur, arsitektur, dan mekanikal elektrik plumbing (MEP) yang selanjutnya model pada setiap disiplin tersebut digabungkan ke dalam satu tempat. Sebelum memulai tahap konstruksi di perlukan analisa untuk mengetahui tabrakan yang terjadi antar model disiplin yang di sebut *Clash Detection*. Selanjutnya melakukan koordinasi antara perencana disiplin model mana yang diperlukan tindakan agar tabrakan tidak terjadi, hal ini akan berdampak sekali pada proses konstruksi karena akan mengurangi waktu dan biaya dan juga menghindari pekerjaan yang berulang.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui *clash* yang terjadi antar model disiplin untuk memaksimalkan perencanaan waktu serta biaya sehingga pada saat proses pelaksanaan konstruksi tidak terjadi *clash* yang dapat diketahui menggunakan teknologi BIM sehingga harus mengulangi pekerjaan dan dapat mengeluarkan biaya yang lebih pada pelaksanaan konstruksi.

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif dengan menggunakan *software Building Information modelling* (BIM) yaitu *Autodesk Revit* untuk membuat 3D modelling dan juga *Autodesk Naviswork* yang di gunakan untuk melakukan analisis *Clash Detection*. Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan data - data yang dibutuhkan pada bangunan yang di tinjau yang selanjutnya data – data tersebut akan diolah kembali yang bertujuan untuk menghasilkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini.

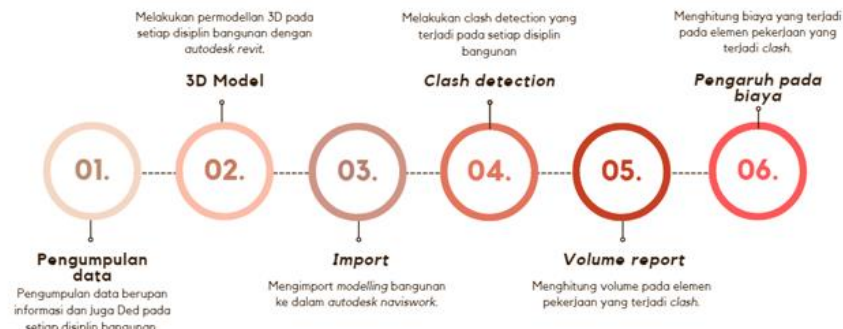
Perlitan dan software yang di gunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Laptop MSI GF63 Core i7 RAM 16GB GTX 1650
2. *Autodesk Revit* 2024
3. *Autodesk Naviswork* 2023

Tahapan yang dilakukan tentang *clash detection* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan data-data pada bangunan yang di tinjau berupa informasi dan *detail enggining drawing* (DED) pada disiplin struktur, arsitektur dan plumbing bangunan Laboratorium PUT.

2. Permodellann bangunan dalam bentuk 2D dan juga 3D menggunakan autodesk revit yang disesuaikan dengan DED yang didapatkan.
3. Mengimport model pada setiap disiplin yang sudah di modelkan ke dalam *software* autodesk naviswork.
4. Melakukan *clash detection* yang terjadi pada setiap disiplin menggunakan *autodesk naviswork*.
5. Melakukan perhitungan volume pada elemen yang terjadi *clash*.
6. Melakukan perhitungan biaya pada elemen yang terjadi *clash*.



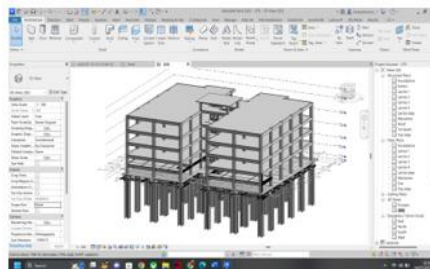
Gambar 1. Tahapan tentang *Clash Detection*

Sumber: Dokumen Analisis, 2023

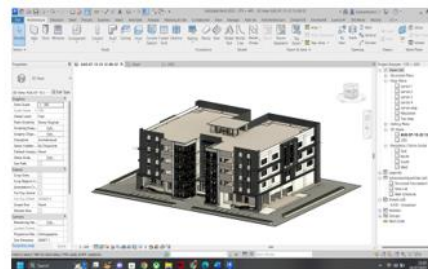
HASIL

Permodellann 3D BIM

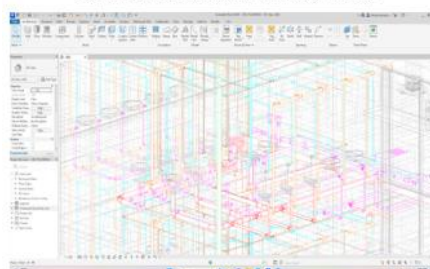
Pada penelitian ini akan dilakukan analisis *clash detection* untuk mengetahui perbandingan biaya pasca *clash detection*. Untuk melakukan *clash detection* dibutuhkan *modelling* 3D pada setiap disiplin bangunan yang akan di analisis, pada penelitian ini kami menggunakan *software Autodesk revit* untuk membuat *modelling* 3D pada bangunan Laboratorium PUT pada setiap disiplin elemen struktural, arsitektur dan juga MEP. Berikut ini merupakan gambar 3D *modelling* yang telah dibuat yang disesuaikan dengan data *Detail Enggining Drawing* (DED) yang telah didapatkan sebelumnya.



Gambar 2. *Modelling* Struktur
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)



Gambar 3. *Modelling* Arsitektur
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)



Gambar 4. *Modelling* MEP
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)



Gambar 5. *Import Naviswork*
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Clash Detection dan *Quantity Volume*

Setelah *modelling* pada setiap disiplin bangunan terbentuk, langkah selanjutnya yaitu melakukan *clash detection*. Pada tahap ini dilakukan penyatuan 3D model struktural, arsitektural, dan

sanitair dengan *Autodesk Revit 2023* dengan format *file NWC.*, lalu dianalisis menggunakan *software Autodesk Navisworks*. Hal ini dilakukan untuk pengecekan model / *clash detection* untuk mengetahui objek yang saling menimpa sehingga tidak terjadi *double calculation* pada saat simulasi agar tidak mempengaruhi *schedule quantity* suatu permodelan gedung serta antisipasi yang lebih baik dan membantu mengurangi terjadinya *clash* dan gangguan dari masalah-masalah sebelum konstruksi bangunan, serta meminimalisir keterlambatan serta pengerjaan ulang. Berikut ini merupakan beberapa *clash* yang terjadi pada disiplin bangunan setelah di analisis menggunakan *software Autodesk Navisworks*.

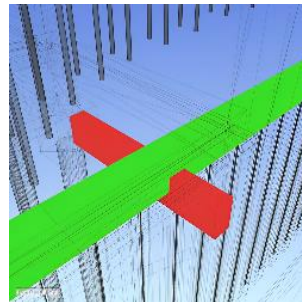
1. *Clash Detection* Struktur vs Struktur

Pada analisis *clash detection* untuk struktur vs struktur terdapat *clash* yang terjadi antara elemen *tie beam* dengan *sheet pile*. Hal ini dapat terjadi dikarenakan proses desain yang kurang baik. Berikut ini merupakan gambar dan tabel juga rekapitulasi volume yang dihitung menggunakan *software revit* pada elemen *tie beam*.

Tabel 1. Selisih volume pasca *clash tie beam*

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume Awal	Volume pasca <i>clash</i>	Selisih
Pekerjaan TB 1					
a	Pembesian Tulangan Atas 7 D 22	Kg	11,498.06	11,267.00	231.06
b	Pembesian Tulangan Bawah 5 D 22	Kg	8,218.90	8,011.00	207.90
c	Pembesian Tulangan Sengkang Ø 12 - 100	Kg	8,723.79	8,446.70	277.09
d	Pembesian Tulangan Peminggang 4 D 16	Kg	6,887.34	6,705.00	182.34
e	Pekerjaan Bekisting	m ²	562.70	503.40	59.30
f	Pengecoran Beton (Mutu Beton K-300)	m ³	81.36	79.60	1.76

Sumber: Data Analisis, 2023

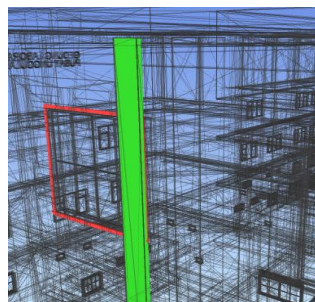


Gambar 6. *Clash Tie beam*

Sumber: Data Analisis, 2023

2. *Clash Detection* Arsitektur vs Struktur

Pada analisis *clash detection* untuk arsitektur vs struktur terdapat *clash* yang terjadi antara elemen jendela (PJ 6) dengan struktur kolom. Maka dilakukan perubahan type jendela yang sebelumnya (PJ6) menjadi (PJ7), perubahan type jendela ini menyesuaikan dengan struktur kolom yang terdampak *clash*. Berikut ini merupakan gambar dan rekapitulasi volumenya.



Gambar 7. *Clash jendela*

Sumber: Data Analisis, 2023

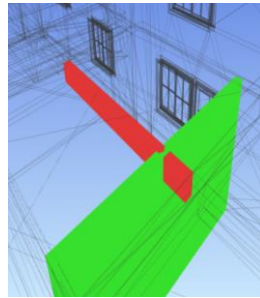
Tabel 2. Selisih volume pasca *clash* jendela

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume Awal	Volume pasca <i>clash</i>	Selisih
Pekerjaan Pintu dan Jendela					
a	Pekerjaan Jendela (PJ7)	Unit	1.00	1.00	0.00

Sumber: Data Analisis, 2023

3. Clash Detection Struktur vs Arsitektur

Pada analisis *clash detection* untuk struktur vs arsitektur terdapat *clash* yang terjadi antara elemen struktur balok dengan dinding. Hal ini terjadi dikarenakan proses modelling yang kurang baik dan teliti sehingga akan mempengaruhi volume yang akan dikeluarkan oleh *software revit*. Berikut ini merupakan gambar dan juga rekapitulasi volume dinding pasca *clash*.



Gambar 8. Clash struktur balok

Sumber: Data Analisis, 2023

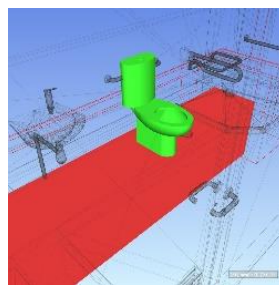
Tabel 3. Selisih volume pasca *clash* struktur balok

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume Awal	Volume pasca <i>clash</i>	Selisih
Pekerjaan dinding					
a	Dinding bata ringan tebal 10 cm dengan adukan drymix system	m2	1,756.00	1,732.00	24.00
b	Plesteran dinding dengan adukan drymix	m2	3,512.00	3,457.00	55.00
c	acian dinding dengan adukan drymix system	m2	3,512.00	3,457.00	55.00

Sumber: Data Analisis, 2023

4. Clash Detection Struktur vs Plumbing

Pada analisis *clash detection* untuk struktur vs plumbing terdapat *clash* yang terjadi antara elemen struktur balok dengan *closet*. Maka akan dilakukan pergeseran *closet* agar pipa pembuangan dari *closet* tersebut tidak bertabrakan dengan struktur balok. Berikut ini merupakan gambar *clash* yang terjadi dan rekapitulasi volume pada elemen pipa pembuangan *closet*.



Gambar 9. Clash Closet

Sumber: Data Analisis, 2023

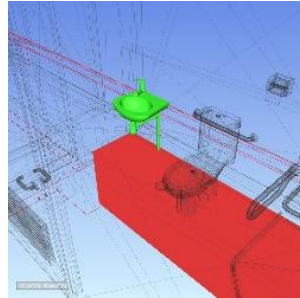
Tabel 4. Selisih volume pasca *clash closet*

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume Awal	Volume pasca <i>clash</i>	Selisih
Pekerjaan Plumbing					
a	Pvc aw diameter 150 mm	m1	1,772.00	1,598.00	174.00

Sumber: Data Analisis, 2023

5. Clash Detection Struktur vs Plumbing

Pada analisis *clash detection* untuk struktur vs plumbing juga terdapat *clash* yang terjadi antara elemen struktur balok dengan wastafel. Dilakukan juga pergeseran wastafel dan akan mempengaruhi volume dari pipa pembuangan wastafel tersebut. Berikut ini merupakan gambar dan juga rekapitulasi volumenya.



Gambar 10. Clash Washtafel

Sumber: Data Analisis, 2023

Tabel 5. Selisih Volume Pasca Clash washtafel

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume Awal	Volume pasca clash	Selisih
Pekerjaan Plumbing					
a	Pvc aw diameter 50 mm	m1	587.00	522.00	65.00

Sumber: Data Analisis, 2023

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Pasca Clash Detection

Setelah analisis clash detection dilakukan dan didapatkan juga untuk rekapitulasi volume pasca clash detection. Maka akan dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya pada setiap pekerjaan yang terdampak clash dan sudah dilakukan perhitungan rekapitulasi volumenya. Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan dengan melakukan perhtingan antara volume dan juga analisa harga satuan pada pekerjaan yang terdampak *clash* yang sudah didapatkan sebelumnya pada bangunan Lab PUT. Berikut ini merupakan rekapitulasi rencana anggaran biaya pada setiap pekerjaan yang terdampak *clash detection*.

Tabel 6. Rencana Anggaran Biaya Pra Clash Detection

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume awal	AHSP	Jumlah Harga
Pekerjaan TB 1					
a	Pembesian Tulangan Atas 7 D 22	Kg	11.498,06	Rp 13.896,85	Rp 159.786.815,11
b	Pembesian Tulangan Bawah 5 D 22	Kg	8.218,90	Rp 13.212,60	Rp 108.592.997,05
c	Pembesian Tulangan Sengkang Ø 12 - 100	Kg	8.723,79	Rp 13.896,85	Rp 121.233.201,06
d	Pembesian Tulangan Peminggang 4 D 16	Kg	6.887,34	Rp 13.603,48	Rp 93.691.791,94
e	Pekerjaan Bekisting	m2	562,70	Rp 178.508,37	Rp 100.446.662,05
f	Pengecoran Beton (Mutu Beton K-300)	m3	81,36	Rp 1.463.539,46	Rp 119.073.570,63
Pekerjaan dinding					
a	Dinding bata ringan tebal 10 cm dengan adukan drymix system	m2	1.756,00	Rp 144.730,30	Rp 254.146.406,80
b	Plesteran dinding dengan adukan drymix	m2	3.512,00	Rp 68.335,52	Rp 239.994.346,24
c	acian dinding dengan adukan drymix system	m2	3.512,00	Rp 70.464,68	Rp 247.471.956,16
Pekerjaan Pintu dan Jendela					
a	Pekerjaan Jendela (PJ7)	Unit	1,00	Rp 5.123.550,00	Rp 5.123.550,00
Pekerjaan Plumbing					
a	Pvc aw diameter 150 mm	m1	1.772,00	Rp 238.736,95	Rp 423.041.869,83
Pekerjaan Plumbing					
a	Pvc aw diameter 50 mm	m1	587,00	Rp 39.062,35	Rp 22.929.599,00
Total Harga					1.895.532.765,87

Sumber: Data Analisis, 2023

Tabel 7. Rencana Anggaran Biaya Pasca Clash Detection

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume pasca clash	AHSP	Jumlah Harga
Pekerjaan TB 1					
a	Pembesian Tulangan Atas 7 D 22	Kg	11.267,00	Rp 13.896,85	Rp 156.575.808,95
b	Pembesian Tulangan Bawah 5 D 22	Kg	8.011,00	Rp 13.212,60	Rp 105.846.098,55
c	Pembesian Tulangan Sengkang Ø 12 - 100	Kg	8.446,70	Rp 13.896,85	Rp 117.382.522,90

d	Pembesian Tulangan Peminggang 4 D 16	Kg	6.705,00	Rp	13.603,48	Rp	91.211.333,40
e	Pekerjaan Bekisting	m2	503,40	Rp	178.508,37	Rp	89.861.115,47
f	Pengecoran Beton (Mutu Beton K-300)	m3	79,60	Rp	1.463.539,46	Rp	116.497.741,18
Pekerjaan dinding							
a	Dinding bata ringan tebal 10 cm dengan adukan drymix system	m2	1.732,00	Rp	144.730,30	Rp	250.672.879,60
b	Plesteran dinding dengan adukan drymix	m2	3.457,00	Rp	68.335,52	Rp	236.235.892,64
c	acian dinding dengan adukan drymix system	m2	3.457,00	Rp	70.464,68	Rp	243.596.398,76
Pekerjaan Pintu dan Jendela							
a	Pekerjaan Jendela (PJ7)	Unit	1,00	Rp	5.123.550,00	Rp	5.123.550,00
Pekerjaan Plumbing							
a	Pvc aw diameter 150 mm	m1	1.598,00	Rp	238.736,95	Rp	381.501.641,07
Pekerjaan Plumbing							
a	Pvc aw diameter 50 mm	m1	522,00	Rp	39.062,35	Rp	20.390.546,30
Total Harga						1.814.895.528,81	

Sumber: Data Analisis, 2023

Berdasarkan data rencana anggaran biaya yang diperoleh pada Tabel 6 & 7 dapat kita lihat bahwa terdapat total harga pekerjaan sebelum analisis *clash detection* dan sesudah analisis *clash detection*. Sebelum melakukan analisis *clash detection* total harga pekerjaannya yaitu **Rp. 1.895.532.765,87** dan total harga pekerjaan setelah melakukan *clash detection* yaitu **Rp. 1.814.895.528,81** yang Dimana kita dapat menghemat anggaran biaya setelah melakukan *clash detection* sebesar **Rp. 80.637.237.06**.

SIMPULAN

Penggunaan BIM (*Building Information Modelling*) merupakan perkembangan yang memudahkan proses desain dan konstruksi. Berbagai manfaat yang dirasakan dari penggunaannya mendorong penggunaan BIM di Indonesia menjadi lebih luas dengan kebijakan yang disyaratkan bagi perencanaan dan pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Namun tantangan yang ada seperti sumber daya manusia yang belum sepenuhnya mendukung, manajemen serta kesiapan dari penggunaan BIM secara lebih luas perlu ditingkatkan agar dapat merasakan manfaat yang lebih besar dari penggunaannya. Dari hasil penelitian pengaruh *clash detection* yang dilakukan pada bangunan Lab PUT dapat di ambil kesimpulan:

1. Pada analisis *clash detection* yang dilakukan pada bangunan Lab PUT ditemukan beberapa titik *clash* yang terjadi pada disiplin struktur, arsitektur dan juga MEP. *Clash* yang terjadi terdiri dari *clash* antara struktur vs struktur yang terjadi pada elemen struktur tie beam yang bertabrakan dengan elemen struktur sheet pile, selanjutnya arsitektur vs struktur terjadi pada elemen jendela dengan struktur kolom, selanjutnya *clash* struktur vs arsitektur terjadi pada elemen dinding dan struktur balok, selanjutnya *clash* struktur vs plumbing terjadi pada elemen closet dan juga wastafel bertabrakan dengan elemen struktur balok.
2. Berdasarkan hasil analisis *clash detection* maka dilakukan perhitungan volume Kembali menggunakan software Autodesk revit dan mendapatkan selisih volume pada setiap pekerjaan yang terdampak *clash* pada disiplin struktur, arsitektur dan MEP.
3. Berdasarkan hasil perhitungan rencana anggaran biaya pada bangunan Lab PUT didapat kesimpulan harga pekerjaan bangunan dapat dihemat sebesar **Rp. 80.637.237.06** setelah dilakukannya *clash detection* yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa pengimplementasian Building Information Modelling pada perencanaan konstruksi bangunan harus dilakukan untuk memaksimalkan proses perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Eastman, C.M., 2011. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.
- Nugrahini, F.C. and Permana, T.A., 2020. Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang Dan Tantangan (Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya). Agregat, 5(2), pp.459-467.
- Adhi, R.P., Berlian, C.A., Hidayat, A. and Nugroho, H., 2016. Perbandingan efisiensi waktu, biaya, dan sumber daya manusia antara metode Building Information Modelling (BIM) dan konvensional (studi kasus: perencanaan gedung 20 lantai). Jurnal Karya Teknik Sipil, 5(2), pp.220-229..

- Prajawati, D.A. and Soenyoto, S., 2013. Sistem Pengendalian Konstruksi Pada Proyek Perluasan Kantor Dan Halaman Parkir Di Jababeka Cikarang Bekasi. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 1(2), pp.106-119.
- Heryanto, S. and Subroto, G., 2020. KAJIAN PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) DI INDUSTRI JASA KONSTRUKSI INDONESIA. *Architecture Innovation*, 4(2), pp.193-212.
- Ramadiaprani, R., 2012. Aplikasi building information modeling (bim) Menggunakan software tekla structures 17 pada Konstruksi gedung kuliah tiga lantai fahutan Ipb, Bogor.
- Afsari, K., 2012. Building Information Modeling in Concept Design Stage. Master of Science in Digital Architectural Design, University of Salford, Manchester.
- Park, H.J., 2008. Evolution+ BIM: The utilization of building information modelling at an early design stage. *CAADRIA 2008*, pp.552-559.
- Fundra, Y., 2014. Evaluasi Penerapan Building Information Modelling (BIM) Pada Industri Konstruksi Indonesia (Doctoral dissertation, Thesis, Tidak Dipublikasikan, Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang).
- Arissaputra, S. and Yaya, Y., 2023. PENGARUH CLASH DETECTION PADA BIAYA PEMBANGUNAN APARTEMEN DI JAKARTA. *Technologic Politeknik Astra*, 14(1).