



JURUSAN  
TEKNIK SIPIL

**ReForm**  
CIVIL ENGINEERING RESEARCH FORUM

ISSN 2962-2697

# PROCEEDING

## Civil Engineering Research Forum

Inovasi Teknologi Digital pada Infrastruktur Berkelanjutan  
dan Berwawasan Kebencanaan

**20  
23**



**PROCEEDING**

# **Civil Engineering Research Forum**

**Volume 3, Nomor 1, Juli 2023**

**The 5<sup>th</sup> Civil Engineering Research  
Forum (The 5<sup>th</sup> CE ReForm)**

**“Inovasi Teknologi Digital pada Infrastruktur Berkelanjutan dan  
Berwawasan Kebencanaan”**

**Yogyakarta, 26 Juli 2023**

**Penerbit:**



**UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA**

## **PROCEEDING**

### **Civil Engineering Research Forum**

**Volume 3, Nomor 1, Juli 2023**

#### **The 5<sup>th</sup> Civil Engineering Research Forum (The 5<sup>th</sup> CE ReForm)**

**“Inovasi Teknologi Digital pada Infrastruktur Berkelanjutan dan Berwawasan  
Kebencanaan”**

#### **Science Committee (SC)**

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.	(Penanggung Jawab)
Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T.	(Pengarah)

#### **Organizing Committee (OC)**

Astriana Hardawati, S.T., M. Eng.  
Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.  
Ir. Vendie Abma, S.T., M.T.  
Elvis Saputra, S.T., M.T.  
Anisa Nur Amalina S.T., M. Eng.  
Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng.  
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.  
Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.  
Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.  
M. Hidayatullah, S.Kom.  
Rizka Ariyanto, S.Kom.  
Anastasia Sivana, A. Md.  
Muhammad Hidayatullah, S.Kom.  
M. Nur Tamamun Ni'am, S. M.

## Reviewer

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM.	(Universitas Islam Indonesia)
Dr. Eng. Mahmud Kori Effendi, S. T, M. T.	(Universitas Negeri Semarang)
Dr. Eng. Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.	(Universitas Islam Indonesia)
Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T.	(Universitas Islam Indonesia)
Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng.	(Universitas Islam Indonesia)
Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.	(Universitas Islam Indonesia)
Ir. Vendie Abma, S.T., M.T.	(Universitas Islam Indonesia)
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.	(Universitas Islam Indonesia)
Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.	(Universitas Islam Indonesia)
Astriana Hardawati, S.T., M. Eng.	(Universitas Islam Indonesia)

## Editor

Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.  
Elvis Saputra, S.T., M.T.  
Anisa Nur Amalina S.T., M. Eng.  
Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng.  
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.  
Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.  
Astriana Hardawati, S.T., M. Eng.  
Ir. Vendie Abma, S.T., M.T.

## Penerbit:



**UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA**

Kampus Terpadu UII

Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584

Tel. (0274) 898 444 Ext. 2301; Fax. (0274) 898 444 psw 2091

e-mail: penerbit@uii.ac.id

**PROCEEDING**

**Civil Engineering Research Forum**

**Volume 3, Nomor 1, Juli 2023**

**The 5<sup>th</sup> Civil Engineering Research Forum (The 5<sup>th</sup> CE ReForm)**  
**“Inovasi Teknologi Digital pada Infrastruktur Berkelanjutan dan Berwawasan Kebencanaan”**

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN SAMPUL .....</b>	<b>i</b>
<b>SUSUNAN PANITIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>SAMBUTAN KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL UII.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>BIDANG STRUKTUR .....</b>	<b>1</b>
<i>Studi Komparasi Hasil Desain Gedung A Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Semarang.....</i>	<i>2</i>
<b>(Muhammad Jaisa Maulana, Anggit Mas Arifudin, dan Fahrizal Musthofa Achyar)</b>	
<i>Pengaruh Pengisian Beton dan Penambahan Tulangan untuk Perkuatan Spun Pile Terhadap Kekuatan dan Daktilitas Lentur.....</i>	<i>11</i>
<b>(Muhammad Naufal Widodo, Andreas Triwiyono, dan Hary Christady Hardiyatmo)</b>	
<i>Analisis Baut Dynabolt pada Shoring Proyek Jembatan Rangka Baja Simpang Joglo Surakarta.....</i>	<i>22</i>
<b>(Fathoni Abdul Mukti, Ad Zulfa Geofani Firdaus, dan Astriana Hardawati)</b>	
<i>Penggunaan Artificial Neural Network (ANN) untuk Memprediksi Nilai Demand Capacity Ratio (Dcr) pada Struktur Atas Jembatan Rangka Bina Marga Kelas A Bentang 45 Meter.....</i>	<i>31</i>
<b>(Muh Rosyid Ridho, Astriana Hardawati, Atika Ulfah Jamal, dan Suharyatma)</b>	
<i>Evaluasi Kinerja Struktur Atas pada Desain Gedung Perkantoran Menggunakan Analisis Pushover Berdasarkan ATC-40 terhadap Beban Gempa Level Besar (Maximum Considered Earthquake, Risk Targeted) .....</i>	<i>40</i>
<b>(Maritza Syifa Syahira dan Atika Ulfah Jamal)</b>	
<i>Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu dan Kapur Tohor sebagai Bahan Substitusi pada Campuran Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete.....</i>	<i>52</i>
<b>(Muhammad Fadhil Amr Ahsan dan Jafar)</b>	

<b>BIDANG MANAJEMEN KONSTRUKSI.....</b>	<b>62</b>
<i>Analisis Progres Realisasi Proyek terhadap Biaya pada Proyek Jembatan Kereta Api Rangka Baja Surakarta.....</i>	63
<b>(Muhammad Farrel Ghiffary, Fathoni Abdul Mukti, Ad Zulfa Geofani Firdaus, dan Tri Nugroho Sulistyantoro)</b>	
<i>Analisis Penjadwalan Waktu Pelaksanaan Proyek dengan Linear Scheduling Method (LSM).....</i>	72
<b>(Asri Utami dan Fitri Nugraheni)</b>	
<i>Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataannlandfill Zona B TPA Regional Piyungan.....</i>	80
<b>(Dewi Ayu Harjani, Fitri Nugraheni, dan Albani Musyafa)</b>	
<i>Analisis Risiko pada Pekerjaan Pembangunan Bendungan Bener Kabupaten Purworejo Paket 4 (Myc).....</i>	92
<b>(Bukhori Andri Ardiyanto, Agung Wibowo, dan Fitri Nugraheni)</b>	
<i>Perbandingan Realisasi Biaya Pelaksanaan Terhadap RAB Berbasis BIM 5D pada Pekerjaan Struktural Bangunan.....</i>	102
<b>(Julieta Salsabila dan Vendie Abma)</b>	
<i>Identifikasi Risiko Berdasarkan 4 Pilar Keselamatan Konstruksi pada Pekerjaan Blasting.....</i>	111
<b>(Mochamad Firmansyah, Agung Wibowo, dan Fitri Nugraheni)</b>	
<i>Penerapan BIM 4D dalam Perencanaan Penjadwalan pada Pekerjaan Struktur Jembatan.....</i>	120
<b>(Guntur Saddam Saputra dan Vendie Abma)</b>	
<b>BIDANG REKAYASA SUMBER DAYA AIR.....</b>	<b>129</b>
<i>Estimasi Imbuhan Air Tanah menggunakan Metode Simple Water Balance di Lereng Selatan Gunung Merapi, Yogyakarta, Indonesia.....</i>	130
<b>(Restu Dwi Cahyo Adi, Wahyu Wilopo, dan Hendy Setiawan)</b>	
<i>Analisis Regresi dengan Metode Support Vector Machine IMERG Downscaled di Karanganyar.....</i>	139
<b>(Ariz Amanullah, Raden Harya Dananjay, dan Galuh Chrismaningwang)</b>	
<i>Validasi Data Hujan Satelit IMERG Terkalibrasi dengan Metode Geographically Weighted Regression Terhadap Data Hujan Stasiun.....</i>	149
<b>(Raka Mahindraguna, Raden Harya Dananjaya, dan Galuh Chrismaningwang)</b>	
<i>Analisis Kapasitas Sungai Gendol Yogyakarta.....</i>	160
<b>(Yukonanta Satria Erlando, Sri Amini Yuni Astuti, dan Dinia Anggraheni)</b>	
<b>BIDANG TRANSPORTASI.....</b>	<b>171</b>
<i>Komparasi Pemanfaatan Aditif Limbah Plastik (Ldpe) dan Ban Karet Terhadap Campuran AC-WC ditinjau dari Aspek Volumetrik, IRI, dan Skid Resistance.....</i>	172
<b>(Umi Fadhilah Dhuha dan Agus Riyanto)</b>	

<i>Perbandingan Penggunaan Aditif Limbah Plastik Ldpe dan Pet Terhadap Material AC-WC Ditinjau dari Aspek Marshall Properties, Stiffness Modulus, dan Kekedapan.....</i>	183
<b>(Faizal Rizaf Fauzi dan Agus Riyanto)</b>	
<i>Pemanfaatan Aditif Limbah Plastik Ldpe terhadap Material AC-WC Ditinjau terhadap Workabilitas, Density, dan Tingkat Kekedapannya.....</i>	195
<b>(Diphda Ilham Dzulfikri dan Agus Riyanto)</b>	
<i>Analisis Kinerja Buakan Median dan Kinerja Ruas Jalan Pada Jalan Pangeran Antasari Kota Samarinda.....</i>	203
<b>(Muhammad Su'ud Agus Pradana Dan Aisyah Nur Jannah)</b>	
<i>Evaluasi dan Peningkatan Kinerja Simpang Tak Bersinyal Tiga Lengan Jalan Kebun Karet Kota Banjarbaru.....</i>	214
<b>(Hamidillah dan Aisyah Nur Jannah)</b>	
<i>Evaluasi dan Rekayasa Peningkatan Kinerja Simpang Empat Bersinyal Kamdanen Kota Yogyakarta.....</i>	225
<b>(Muhammad Fathur Rahman, Aisyah Nur Jannah, dan Harfat Rahmayuda)</b>	
<b>BIDANG GEOTEKNIK.....</b>	<b>235</b>
<i>Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Berdasarkan Data N-SPT Diverifikasi dengan Nilai PDA dan CAPWAP (Studi Kasus Underbridge Sangu Banyu pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta-Bawen Seksi 1) .....</i>	236
<b>(Muhamad Fajri Nurul Hakim dan Muhamad Abdul Hadi)</b>	
<i>Identifikasi Pengujian Pile Driving Analyzer Pier 51A aada Proyek Pembangunan Tol Yogyakarta – Bawen.....</i>	248
<b>(Dony Prasetya dan Muhamad Abdul Hadi)</b>	
<i>Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever menggunakan Program Plaxis 8.6 (Studi Kasus: Proyek Jalan Ruas Tawang-Ngalang Segmen V Sta 8+400, Gunungkidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta) .....</i>	259
<b>(Joviandian Nico Damara, Muhammad Rifqi Abdurrozak, dan Anisa Nur Amalina)</b>	
<i>Penggunaan Metode LPI dalam Menganalisis Potensi Likuifaksi di Kota Palu dengan Lima Variasi Nilai Mw.....</i>	268
<b>(Ilham Siwi Indra Pamungkas, Raden Harya Dananjaya, Yusep Muslih Purwana, Galuh Chrismaningwang, Dan Abdul Jalil)</b>	
<i>Pemodelan Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik Dengan Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas) .....</i>	279
<b>(Fakhrun Naufal Amin, Hanindya Kusuma Artati, dan Anisa Nur Amalina)</b>	
<i>Studi Pengaruh Variasi Tinggi dan Jumlah Benching Terhadap Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil menggunakan Geostudio.....</i>	290
<b>(Imam Zufar Bagaskara, Galuh Chrismaningwang, dan Raden Harya Dananjaya)</b>	

<i>Analisis Pengaruh Kepadatan Tanah Subgrade Terhadap Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil.....</i>	301
<b>(Minannur Rohman, Galuh Chrismaningwang, dan Bambang Setiawan)</b>	
<i>Analisis Numeris Pengaruh Muka Air Tanah dan Perkuatan Geotekstil Terhadap Stabilitas Struktur Dermaga.....</i>	313
<b>(Imam Zufar Bagaskara, Galuh Chrismaningwang, dan Raden Harya Dananjaya)</b>	
<i>Studi Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Angka Keamanan Lereng dengan Perkuatan Geotekstil.....</i>	323
<b>(M. Irfan, Galuh Chrismaningwang, dan Pria Ardhana)</b>	



## Analisis kombinasi alat berat pekerjaan timbunan pada proyek penataan landfill zona b tpa piyungan

Dewi Ayu Harjani<sup>1\*</sup>, Fitri Nugraheni<sup>2</sup>, Albani Musyafa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Keywords:

Heavy equipment combination  
Excavator  
Bulldozer  
Effectiveness

### Corresponding Author:

Dewi Ayu Harjani

[19511058@alumni.uii.ac](mailto:19511058@alumni.uii.ac.id)

[.id](mailto:19511058@alumni.uii.ac.id)

### Abstract

*Zona B Landfill Arrangement of TPA Regional Piyungan Project is a project that aims to close TPA in the zone to become a green open space. The heavy equipment used for heap work is excavators and bulldozers with a solid volume of 28,054,513 soil materials and 135,435,647 waste materials. The importance of heavy equipment raises problems regarding determining the use of equipment according to existing conditions, so an analysis of the effectiveness of heavy equipment and its combination is needed. In this study, observations were made of the working hours of each tool, specifications of heavy equipment, and work data used. After that, an analysis is carried out to calculate the stockpile volume, equipment productivity, rental costs, the number of tools needed, and the total time needed for the combination that has been obtained. This combination is calculated through the use of three alternatives that will calculate the most effective and efficient cost and time differences compared to conditions in the field. The results of calculating the combination of heavy equipment for field conditions take 821 hours for IDR 1,208,471,400.00. Meanwhile, the first combination alternative takes 657 hours and costs IDR 1,186,218,000.00. The second alternative takes 493 hours and costs IDR 1,186,628,800.00. The third alternative takes 657 hours and costs IDR 1,191,653,600.00. Therefore, the recommended alternative for the Zona B Landfill Arrangement of TPA Regional Piyungan Project is the second alternative which requires 4 units of Komatsu PC200-8 excavators and 2 units of Komatsu D85-10.*

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Pendahuluan

#### Latar Belakang

Produktivitas alat berat menjadi faktor penting yang berpengaruh terhadap waktu pengerjaan, jumlah alat yang dibutuhkan, serta harga sewa alat berat. Faktor yang mempengaruhi produktivitas alat berat adalah efektifitas alat. Efektifitas tersebut tergantung pada kehandalan operator alat berat, pemilihan dan pemeliharaan alat, pengaturan tata letak, topografi dan volume pekerjaan, serta kondisi cuaca (Nugraha, dkk., 2018). Pemilihan kombinasi alat berat yang tepat merupakan langkah awal agar

alat-alat tersebut dapat bekerja optimal, memiliki mutu bagus, hasil yang baik, dan keselamatan kerja.

Proyek Penataan Landfill Zona B TPA Regional Piyungan yang bertujuan untuk menutup TPA dan membuat ruang terbuka hijau juga memanfaatkan alat berat untuk mendukung pekerjaannya. Proyek ini mencakup pekerjaan perkuatan lereng timbunan sampah menggunakan geotekstil, pengurangan sampah menggunakan tanah, pemadatan urugan tanah, pembuatan bronjong, pembuatan jalan operasional, dan pembuatan drainase. Proyek ini bertujuan untuk menghindari adanya kelongsoran

akibat timbunan sampah tersebut dan menutup timbunan sampah yang terbuka sehingga tidak mencemari lingkungan serta tidak menimbulkan masalah sosial.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kombinasi jumlah alat berat yang dibutuhkan, biaya dan waktu yang dibutuhkan jika menggunakan kombinasi alat berat tersebut, serta mendapatkan alternatif kombinasi alat berat yang lebih efektif dan efisien.

### **Landasan Teori**

#### **Pengertian Alat Berat**

Menurut Syahputra (2020), alat-alat berat yang sering dikenal di dalam ilmu Teknik Sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia melakukan pekerjaan pembangunan struktur bangunan. Tujuan adanya alat berat ini adalah untuk mempermudah proses pekerjaan supaya lebih cepat, lebih mudah, dan hasilnya lebih baik. Akan tetapi, penggunaan alat berat tersebut harus menyesuaikan kondisi dan situasi di lapangan supaya alat berat tersebut dapat bekerja secara efektif dan efisien.

#### **Pengertian Produktivitas Alat Berat**

Menurut Rochmanhadi (1992), produktivitas alat berat merupakan kemampuan berproduksi alat berat yang dihitung dalam satuan jam. Suatu alat dikatakan produktif apabila pada jam kerja alat tersebut dapat terus bekerja sesuai dengan tugas dan tujuan penggunaan alat pada suatu proyek. Sedangkan menurut Rostiyanti (2008), produktivitas merupakan perbandingan antara hasil yang diperoleh (*output*) dengan sumber daya yang digunakan (*input*). Hal ini dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{kapasitas}}{\text{Cycle Time}} \quad (1)$$

#### **Durasi Pekerjaan Alat Berat**

Setelah mengetahui jumlah masing-masing alat, maka langkah selanjutnya adalah

menghitung durasi pekerjaan dari alat-alat tersebut. Salah satu caranya adalah dengan menentukan nilai produktivitas alat setelah dikalikan dengan jumlahnya. Setelah itu dibandingkan dengan produktivitas total masing-masing alat dengan mencari produktivitas total terkecil. Lama pekerjaan dapat dicari menggunakan rumus berikut.

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas terkecil}} \quad (2)$$

#### **Biaya Penggunaan Alat Berat**

Menurut Lantang (2014), biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung secara cermat dan teliti serta memenuhi syarat. Biaya ini berbeda-beda antara satu kota dengan kota lainnya karena adanya harga bahan dan harga upah. Perencanaan biaya suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan dan proyek tersebut. Biaya ini termasuk salah satunya penggunaan alat berat.

### **Metode Penelitian**

#### **Subjek dan Objek Penelitian**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, subjek adalah orang, tempat, atau benda yang diamati dalam rangka pembuntutan sebagai sasaran. Sedangkan, objek adalah hal, perkara, atau orang yang menjadi pokok pembicaraan. Pada penelitian ini subjeknya adalah alat berat pada pekerjaan timbunan yaitu *excavator* dan *bulldozer*. Objeknya adalah Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan.

#### **Data-Data Penelitian**

Pada penelitian ini digunakan data primer dan sekunder. Menurut Yulianto, dkk. (2018), data primer merupakan data yang diperoleh melalui *survey* lapangan dengan metode pengumpulan data original sedangkan data sekunder merupakan data yang telah dikumpulkan oleh lembaga pengumpul data dan dipublikasikan kepada masyarakat pengguna jasa. Pada penelitian ini, data primer berupa jam kerja masing-

masing alat. Data sekundernya berupa denah lokasi, durasi pekerjaan, spesifikasi alat berat, serta data-data pekerjaan.

#### **Metode Pengumpulan Data**

Menurut Sugiyono (2017), metode untuk mendapatkan data primer adalah melakukan wawancara dan observasi. Sedangkan, cara untuk memperoleh data sekunder adalah melalui dokumentasi. Pada penelitian ini, wawancara dilakukan kepada *Project Manager* dan *Site Operasional Manager* Proyek mengenai jam kerja masing-masing alat berat. Kemudian, observasi dilakukan dilakukan dengan cara pengamatan di lapangan untuk mengetahui kondisi nyata jam kerja alat berat. Sedangkan, dokumentasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengambil dokumen berbentuk gambar dan video di lapangan, serta data yang didapat melalui narasumber.

#### **Metode Pengolahan Data**

Metode pengolahan data merupakan proses pengolahan data yang dilakukan peneliti untuk mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh melalui hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri dan orang lain. Analisis dalam penelitian ini menggunakan perhitungan produktivitas alat berat untuk menentukan kombinasi alat berat. Tahapan-tahapannya dimulai dari menentukan topik penelitian, pemilihan lokasi penelitian, studi pustaka dan landasan teori, pengumpulan data melalui wawancara, observasi dan dokumentasi sehingga didapatkan data primer (jam kerja setiap alat) dan data sekunder (denah lokasi, durasi pekerjaan, spesifikasi alat berat, dan data-data pekerjaan). Setelah itu, menghitung volume timbunan, menghitung produktivitas dari masing-masing alat berat, menghitung biaya sewa, menghitung jumlah alat berat yang diperlukan, menghitung total waktu dan biaya yang dibutuhkan, menghitung selisih biaya dan waktu, membuat rencana skema penggunaan alat berat dan *cycle time* nya,

melakukan pembahasan, serta menuliskan hasil dan kesimpulan.

#### **Analisis Data**

##### **Jenis Alat Berat Kondisi Existing**

Jenis alat berat *existing* untuk pekerjaan timbunan sampah dan tanah ini meliputi *excavator* kapasitas 0,8 m<sup>3</sup> (*excavator* Kobelco SK200-8, *excavator* Komatsu PC200-8, *excavator* Komatsu PC200-6), *bulldozer* D85-10 kapasitas 3,4 m<sup>3</sup>, dan *bulldozer* D31-6 kapasitas 1,61 m<sup>3</sup>. *Excavator* berfungsi untuk menggali serta menimbun sampah dan tanah. Sedangkan, *bulldozer* berfungsi untuk meratakan timbunan sampah dan tanah.

##### **Perhitungan Volume Timbunan**

Berdasarkan data *siteplan* dan elevasi rencana yang telah diperoleh dari Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan dapat dihitung volumenya. Perhitungan manual menurut Duffy (2017) menggunakan rumus kontur untuk timbunan tanah sebagai berikut.

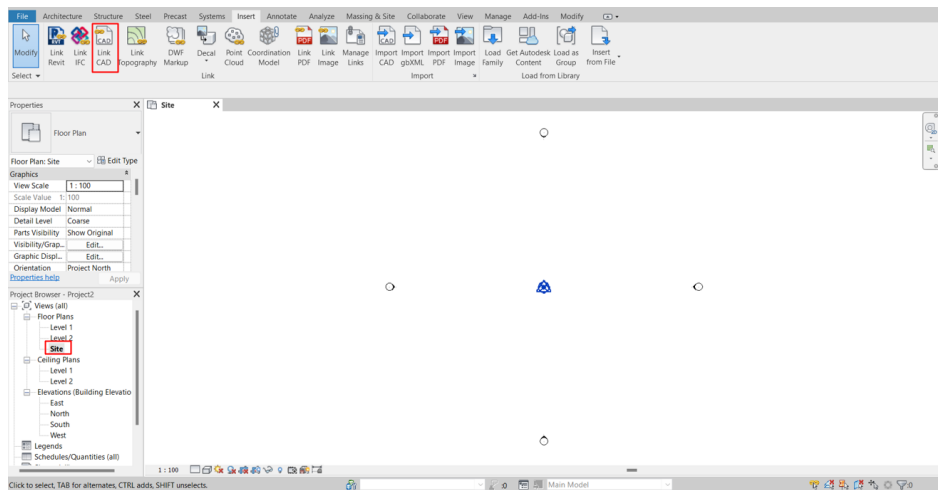
$$V = H \times \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \quad (3)$$

Perhitungan dilakukan menggunakan dua metode berupa perhitungan manual dan BIM sebagai perbandingan. Penelitian dari Nugrahini dan Permana (2020), menjelaskan bahwa salah satu *software* untuk memodelkan 3D adalah *revit*. *Software* ini dapat membantu menghitung volume pekerjaan struktur sehingga dihasilkan hasil yang lebih akurat untuk menekan biaya dibandingkan metode konvensional. Selain itu, dijelaskan bahwa *software* lain yang dapat digunakan untuk memodelkan 3D adalah *3DS max*, *rhino*, *sketchup* dan *SAP*. Pemodelan 3D ini, tidak hanya digunakan untuk pekerjaan struktur saja, tetapi juga bisa dilakukan untuk memodelkan kebutuhan alat berat di lokasi proyek.

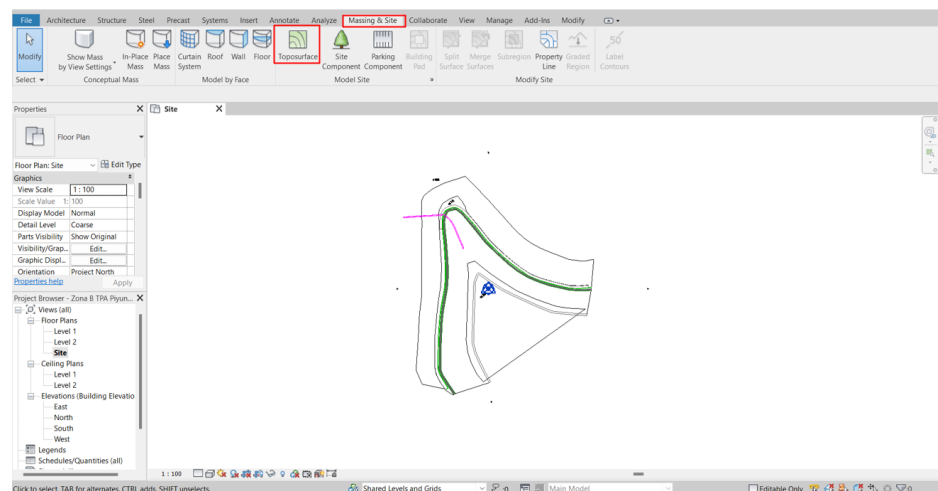
Pada penelitian ini, perhitungan BIM yang digunakan menggunakan *software revit* untuk menghitung volume saja. Langkah-langkahnya adalah dengan memasukkan file

rencana elevasi dari *autocad* ke *revit* dengan cara klik “*Site*” kemudian pilih “*Link CAD*”. Jika gambar telah terlihat, maka selanjutnya klik “*Massing & Site*”, lalu klik “*Toposurface*” untuk membuat elevasi. Setelah itu, buat titik titik elevasi sesuai gambar *design* dengan cara klik “*Place Point*”. Elevasinya disesuaikan dengan gambar rencana. Lalu, mengubahnya sebagai kondisi *existing* di kolom deskripsi. Jika kondisi *existing* telah dibuat, maka selanjutnya klik “*Massing & Site*”

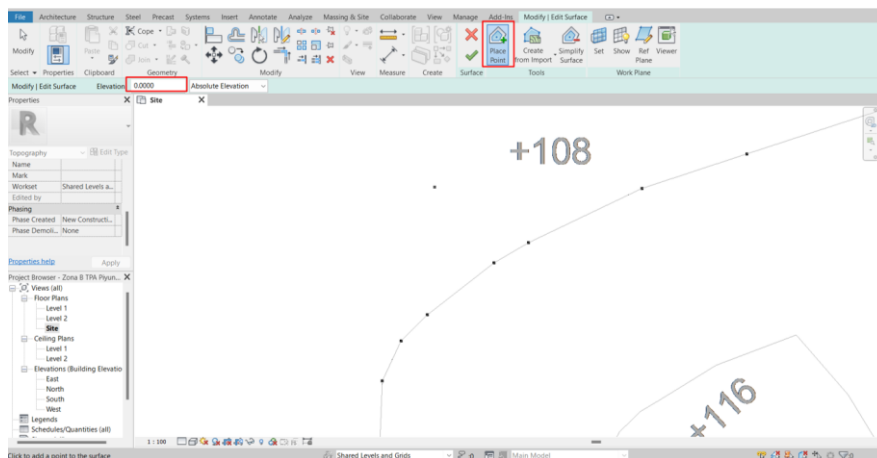
kemudian klik “*Graded Region*” untuk membuat *surface* baru untuk kondisi *New Construction* dan membuat titik-titik elevasinya. Langkah selanjutnya adalah menghitung volumenya dengan cara klik “*View*” lalu pilih “*Schedule/Quantities*”. Kemudian memilih “*Topography*” lalu klik “*OK*” dan memasukkan “*Fill*” dan “*Phase Created*” untuk mengetahui besar volume timbunan tersebut lalu klik “*OK*”. Nantinya akan diperoleh volume (gambar 10), didapat dari gambar 1 sampai gambar 9 tersebut.



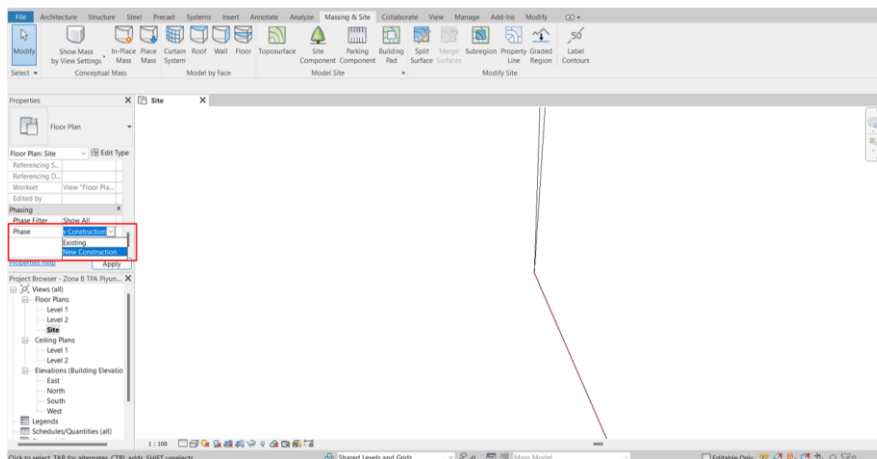
Gambar 1. Memasukkan File Autocad ke Revit



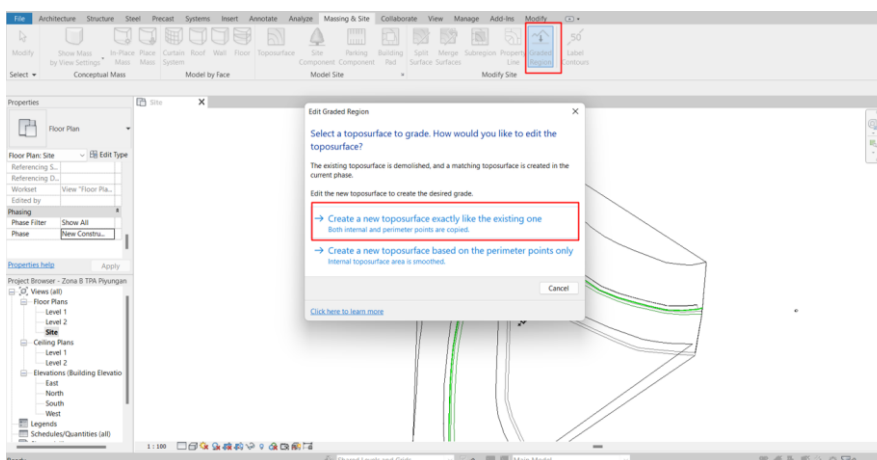
Gambar 2. Membuat Elevasi Rencana



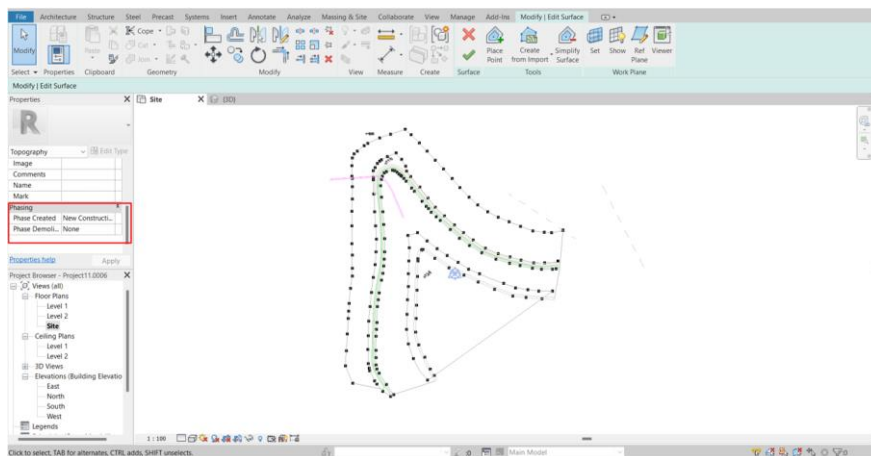
Gambar 3. Membuat Titik-Titik Elevasi



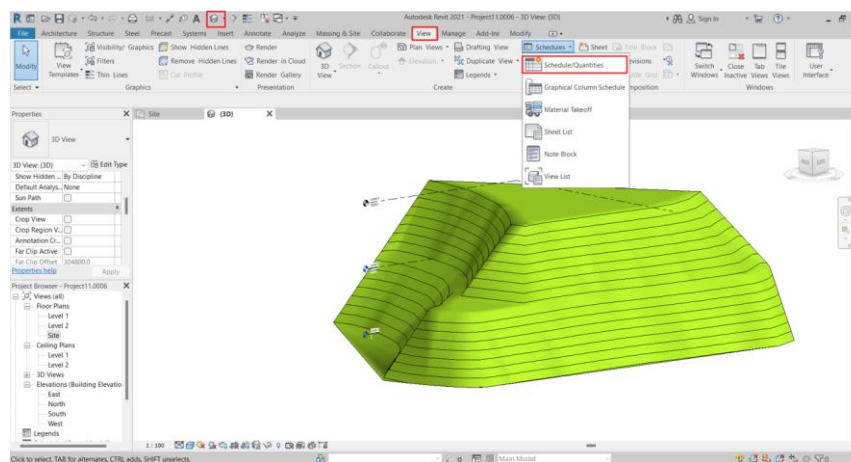
Gambar 4. Mengubah Kondisi Elevasi Pada Kondisi Existing



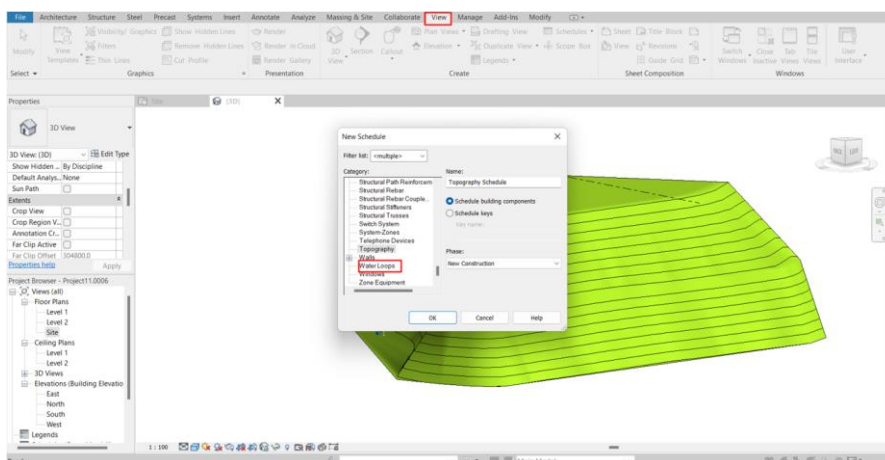
Gambar 5. Mengubah Kondisi Elevasi Pada Kondisi New Construction



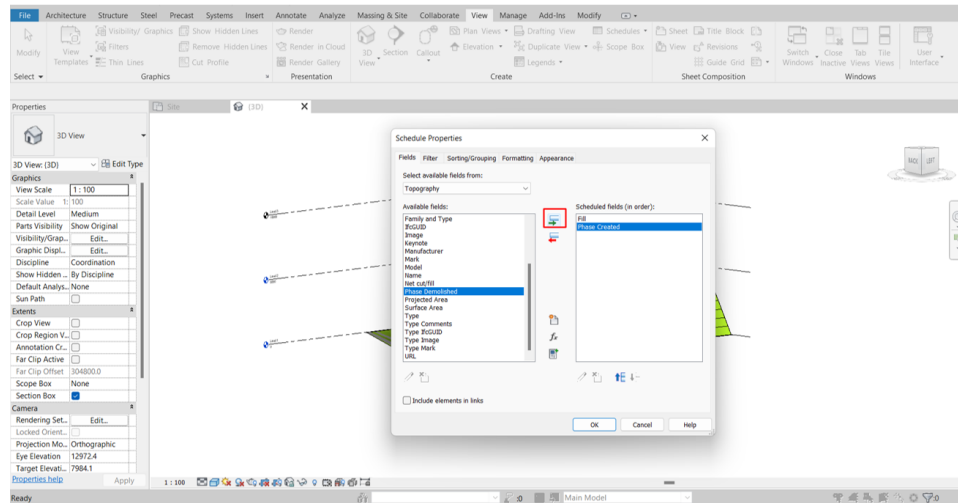
Gambar 6. Membuat Titik-Titik Elevasi Pada Kondisi New Construction



Gambar 7. Melihat Gambar 3D dan Menghitung Volumennya



Gambar 8. Memasukkan Jenis Gambar untuk Melihat Volumennya



Gambar 9. Memasukkan Data yang Dibutuhkan untuk Menghitung Volume

<Topography Schedule>	
A	B
Fill	Phase Created
0.00 m <sup>3</sup>	Existing
163490.16 m <sup>3</sup>	New Construction

Gambar 10. Hasil Perhitungan Volume Total Menggunakan Revit

Besar volume timbunan pada proyek ini didapatkan 163.490,16 m<sup>3</sup>. Volume tersebut merupakan volume padat sedangkan alat berat mengerjakan volume gembur sehingga perlu dikalikan faktor pengembangan. Perhitungan volume setiap material dilakukan secara terpisah karena karakteristiknya berbeda sehingga faktor pengembangannya juga berbeda. Volume gembur total timbunan tanah adalah sebesar 33.665,416 m<sup>3</sup>, sedangkan volume gembur total timbunan sampah adalah sebesar 230.240,599 m<sup>3</sup>

**Faktor Efisiensi Alat (E)**

Faktor efisiensi alat adalah menit alat bekerja secara efektif dalam satu jam. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengamatan terhadap waktu alat tersebut berhenti (menit) dalam waktu 1 jam (60 menit). Berdasarkan hasil pengamatan faktor efisiensi alat untuk *excavator* Kobelco SK200-8 rata-rata waktu berhentinya adalah 12 menit serta rata-rata efektif bekerja 48 menit mendapatkan faktor efisiensi alat sebesar 0,8.

$$\text{Faktor efisiensi alat} = \left(\frac{48}{60}\right) \times 100\% = 80\% = 0,8$$

Rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Faktor Efisiensi Alat Berat

Jenis Alat Berat	Faktor Efisiensi Kerja
<i>Excavator</i> SK200-8	0,8
<i>Excavator</i> PC200-8	0,837
<i>Excavator</i> PC200-6	0,826
<i>Bulldozer</i> D85-10	0,817
<i>Bulldozer</i> D31-6	0,837

**Faktor Bucket dan Faktor Blade**

Faktor *bucket* merupakan besarnya kemampuan *excavator* untuk menggali dan memuat material yang telah dikeruknya. Sedangkan, faktor *blade* merupakan besarnya kemampuan *bulldozer* untuk menggosur material. Faktor *bucket* dan *blade* ini tergantung oleh jenis material yang dikerjakan. Berdasarkan hasil pengamatan faktor *bucket excavator* Kobelco SK200-8

untuk material sampah selama hari senin, rabu, dan jum'at, dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata waktu bucket terisi material} &= (100 + 100 + 98,333) / 3 \\ &= 99,444 \% = 0,994 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*

Jenis Alat Berat	Material Sampah	Material Tanah
<i>Excavator</i> SK200-8	0,994	0,733
<i>Excavator</i> PC200-8	1,000	0,761
<i>Excavator</i> PC200-6	1,000	0,722
<i>Bulldozer</i> D85-10	0,917	0,811
<i>Bulldozer</i> D31-6	-	0,767

**Produktivitas Alat Berat**

Perhitungan produktivitas alat berat didapatkan dari data-data pengamatan seperti waktu siklus, faktor *bucket* dan faktor *blade*, serta efisiensi kerja. Perhitungan nilai produktivitas *excavator* ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Q = V \times \frac{3600}{CT} \times S \times BFF \times E \quad (4)$$

Pengamatan nilai produktivitas ini dilakukan selama tiga hari yaitu Senin, Rabu dan Jum'at dalam sepekan. Hasil perhitungan produktivitas dalam tiga hari tersebut kemudian dirata-rata, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Produktivitas *Excavator* Kobelco SK200-8

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas Material Sampah (m <sup>3</sup> /jam)	Produktivitas Material Tanah (m <sup>3</sup> /jam)
<i>Excavator</i> Kobelco SK200-8	Senin	140,278	98,916
	Rabu	137,808	98,732
	Jum'at	132,650	99,959
<b>Rata-rata</b>		<b>136,912</b>	<b>99,202</b>

Tabel 4. Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-8



Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas Material Sampah (m <sup>3</sup> /jam)	Produktivitas Material Tanah (m <sup>3</sup> /jam)
Excavator Komatsu PC200-8	Senin	140,475	101,215
	Rabu	139,661	116,126
	Jum'at	134,402	101,818
<b>Rata-rata</b>		<b>138,179</b>	<b>111,982</b>

Tabel 5. Produktivitas Excavator Komatsu PC200-6

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas Material Sampah (m <sup>3</sup> /jam)	Produktivitas Material Tanah (m <sup>3</sup> /jam)
Excavator Komatsu PC200-6	Senin	-	99,017
	Rabu	-	88,756
	Jum'at	135,991	101,818
<b>Rata-rata</b>		<b>135,991</b>	<b>96,531</b>

Sedangkan, produktivitas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Q = V \times \frac{3600}{CT} \times E \quad (5)$$

Rekapitulasi perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 6. Produktivitas Bulldozer D85-10

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas Material Sampah (m <sup>3</sup> /jam)	Produktivitas Material Tanah (m <sup>3</sup> /jam)
Bulldozer D85-10	Senin	280,193	247,247
	Rabu	319,817	259,187
	Jum'at	346,903	247,570
<b>Rata-rata</b>		<b>315,638</b>	<b>251,335</b>

Tabel 7. Produktivitas Bulldozer D31-6

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas Material Sampah (m <sup>3</sup> /jam)	Produktivitas Material Tanah (m <sup>3</sup> /jam)
Bulldozer D31-6	Senin	-	152,422
	Rabu	-	154,128
	Jum'at	-	132,989
<b>Rata-rata</b>		<b>-</b>	<b>251,335</b>

### Perhitungan Biaya Sewa Alat Berat

Harga sewa alat berat ini meliputi harga sewa alat, bahan bakar dan operator.

- Excavator Kobelco SK200-8, Excavator Komatsu PC200-8, dan Excavator Komatsu PC200-6  
Harga sewa total = Rp410.800,00/jam
- Bulldozer Komatsu D85-10  
Harga sewa total = Rp435.800,00/jam

### 3. Bulldozer Komatsu D31-6

Harga sewa total = Rp320.800,00/jam

### Alternatif Kombinasi Alat Berat

#### 1. Kondisi Existing

Total waktu yang dibutuhkan alat berat pada kondisi *existing* adalah sebagai berikut.

Tabel 8. Kombinasi Alat Berat Kondisi Existing

Alat Berat	Jumlah Unit	Jenis Material	Total Waktu (jam)	Biaya (Rp)
Excavator	3	Sampah	561	826.940.400
		Tanah	110	
Bulldozer D85-10	1	Sampah	730	357.791.800
		Tanah	91	
Bulldozer D31-6	1	Tanah	74	23.739.200

#### 2. Alternatif 1

Tabel 9. Kombinasi Alat Berat Alternatif 1

Alat Berat	Jumlah Unit	Jenis Material	Total Waktu (jam)	Biaya (Rp)
Excavator Komatsu PC200-8	3	Sampah	556	809.686.800
		Tanah	101	
Bulldozer D85-10	2	Sampah	365	376.531.200
		Tanah	67	

#### 3. Alternatif 2

Tabel 10. Kombinasi Alat Berat Alternatif 2

Alat Berat	Jumlah Unit	Jenis Material	Total Waktu (jam)	Biaya (Rp)
Excavator Komatsu PC200-8	4	Sampah	417	810.097.600
		Tanah	76	
Bulldozer D85-10	2	Sampah	365	376.531.200
		Tanah	67	

#### 4. Alternatif 3

Tabel 11. Kombinasi Alat Berat Alternatif 3

Alat Berat	Jumlah Unit	Jenis Material	Total Waktu (jam)	Biaya (Rp)
Excavator Komatsu PC200-8	3	Sampah	556	809.686.800
		Tanah	101	
Bulldozer D85-10	2	Sampah	365	358.227.600
		Tanah	46	
Bulldozer D31-6	2	Tanah	37	23.739.200

## Pembahasan

Berdasarkan perhitungan dari BOQ Proyek, perhitungan manual, dan perhitungan *revit*. Hasil perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 12. Volume Timbunan

Metode Perhitungan	Volume Total
BOQ Proyek	161.939,45 m <sup>3</sup>
Perhitungan Manual	170.384,651 m <sup>3</sup>
Perhitungan <i>Revit</i>	163.490,16 m <sup>3</sup>

Hasil volume pada perhitungan manual memiliki sedikit perbedaan dengan BOQ karena perhitungan manual banyak digunakan pembulatan atau penyederhanaan secara garis besar. Sedangkan, perhitungan *revit*, mendapatkan angka yang mendekati BOQ. Hal tersebut dikarenakan perhitungan *revit* menggunakan metode elemen hingga, sehingga perhitungannya lebih akurat.

Kemudian didapatkan hasil perbandingan terhadap ketiga alternatif berdasarkan volume yang telah didapatkan untuk dianalisis alternatif yang lebih cepat dan lebih ekonomis dalam segi harga sewa.

Analisis perbandingannya dari existing dan alternatif yang diusulkan dapat dilihat sebagai berikut.

### 1. Kondisi Existing

Tabel 13. Total Durasi dan Biaya Existing

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi	Biaya
<i>Excavator</i> ( <i>Excavator</i> Kobelco SK200-8, <i>Excavator</i> Komatsu PC200-8, <i>Excavator</i> Komatsu PC200-6)	3		Rp826.940.400
<i>Bulldozer</i> D85-10	1		Rp357.791.800
<i>Bulldozer</i> D31-6	1		Rp23.739.200
<b>TOTAL</b>	<b>821</b>		<b>Rp1.208.471.400</b>

### 2. Alternatif 1

Tabel 14. Total Durasi dan Biaya Alternatif 1

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi	Biaya
<i>Excavator</i> Komatsu PC200-8	3		Rp809.686.800
<i>Bulldozer</i> D85-10	2		Rp376.531.200
<b>TOTAL</b>	<b>657</b>		<b>Rp1.186.218.000</b>

Apabila dibandingkan dengan kondisi *existing* maka akan didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Selisih waktu} &= 657 - 821 \\ &= -164 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih biaya} &= \text{Rp}1.186.218.000,00 - \\ &\quad \text{Rp}1.208.471.400,00 \\ &= - \text{Rp}22.253.400,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan waktu} &= \frac{-164}{821} \times 100\% \\ &= -19,976\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan biaya} &= \frac{- \text{Rp}22.253.400,00}{\text{Rp}1.208.471.400,00} \times 100\% \\ &= -1,841\% \end{aligned}$$

Keterangan:

- (-) Pekerjaan lebih cepat biaya lebih murah
- (+) Pekerjaan lebih lambat dan biaya lebih mahal

### 3. Alternatif 2

Tabel 15. Total Durasi dan Biaya Alternatif 2

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi	Biaya
<i>Excavator</i> Komatsu PC200-8	4		Rp810.097.600
<i>Bulldozer</i> Komatsu D85-10	2		Rp376.531.200
<b>TOTAL</b>	<b>493</b>		<b>Rp1.186.628.000</b>

4. Alternatif 3

Tabel 16. Total Durasi dan Biaya Alternatif 3

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi	Biaya
<i>Excavator</i> Komatsu PC200-8	3		Rp809.686.800
<i>Bulldozer</i> Komatsu D85-10	2		Rp358.227.600
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31-6	2		Rp23.739.200
<b>TOTAL</b>		<b>657</b>	<b>Rp1.191.653.600</b>

5. Rekapitulasi

Tabel 17. Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Alternatif

Ket.	Durasi (jam)	Biaya (Rp)	Waktu (%)	Biaya (%)
Existing	0	0	0	0
Alternatif 1	-164	- 22.253.400	-19,976	-1,841
Alternatif 2	-328	- 21.842.600	-39,951	-1,807
Alternatif 3	-164	- 16.817.800	-19,976	-1,392

Dari rekapitulasi pada table 17 didapatkan nilai durasi terendah pada alternatif 2 dengan total selisih durasi 328 jam dibandingkan dengan durasi *existing*. Selisih biaya sebesar Rp. 21.842.600,-. Alternatif 2 menjadi alternatif yang terbaik dari 3 alternatif yang disulkan dengan melakukan kombinasi penambahan bulldozer D85-10

Menurut Kusumo, dkk (2022), penambahan kapasitas alat berat yang bekerja terbukti dapat mengurangi biaya meskipun penambahan kapasitas yang terlalu besar justru akan menambah biaya. Oleh karena itu, alternatif yang digunakan adalah menambah kapasitas alat berat dan membandingkannya dengan kondisi *existing* sehingga didapatkan yang paling efektif dan efisien

**Kesimpulan**

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan dapat diketahui bahwa di antara ketiga alternatif tersebut, kombinasi paling efektif dan efisien adalah kombinasi pada alternatif

2. Meskipun selisih biaya alternatif 2 bukan termasuk alternatif yang memiliki biaya paling kecil, tetapi alternatif 2 memiliki durasi yang paling cepat. Penambahan kapasitas dan jumlah alat berat yang tepat terbukti mampu mempercepat durasi dan menghemat biaya pekerjaan.

**Daftar Pustaka**

Nugraha, D., Iriana, R.T., dan Djuniati, S. (2018). Analisis Biaya dan Produktivitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV Pekanbaru. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, Vol. 5 No. 1:1-10.

Syahputra, R. (2020). Perencanaan Pemakaian Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah Proyek Pembangunan Jalan di Kota Batu Batas Tobasa Di Kabupaten Labuhan Batu Utara. *Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan)*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Rochmanhadi. (1992). Alat Berat dan Penggunaannya. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

Lantang, F.N., Sompie, B.F., dan Malingkas, G.Y. (2014). Perencanaan Biaya dengan Menggunakan Perhitungan Biaya Nyata Pada Proyek Perumahan (Studi Kasus Perumahan Green Hill Residence). *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 2 No.2:73-80.

Rostiyanti, S.F. (2008). Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi (Edisi 2). Jakarta: PT Rineka Cipta.

Duffy. (2017). Analisis Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Data Gridding dan Tanpa Gridding Pada Pekerjaan Bendungan. Malang: Institut Teknologi Nasional.

Yulianto, N.A.B., Maskan, M., dan Utaminingsih, A. (2018). Metode Penelitian Bisnis. Malang: Polinema Press.

Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Pendekatan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Penerbit Alfabeta.

Nugrahini, F.C., dan 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). *Jurnal Agregat*. Vol. 5, No. 2:459-467.

Kusumo, A.T.H., Triwuryanto, Maulana, R., dan Sari, S.N. (2022). Analisis Pemilihan Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Bendungan Bener. *Jurnal EQUILIB*. Vol. 03 No. 1:55-64.