

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

Dewi Ayu Harjani^{1*}, Fitri Nugraheni², Albani Musyafa³

^{1,2,3}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 m³ (*excavator* Kobelco SK200-8, *excavator* Komatsu PC200-8, *excavator* Komatsu PC200-6), *bulldozer* D85-10 kapasitas 3,4 m³, dan *bulldozer* D31-6 kapasitas 1,61 m³. *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.

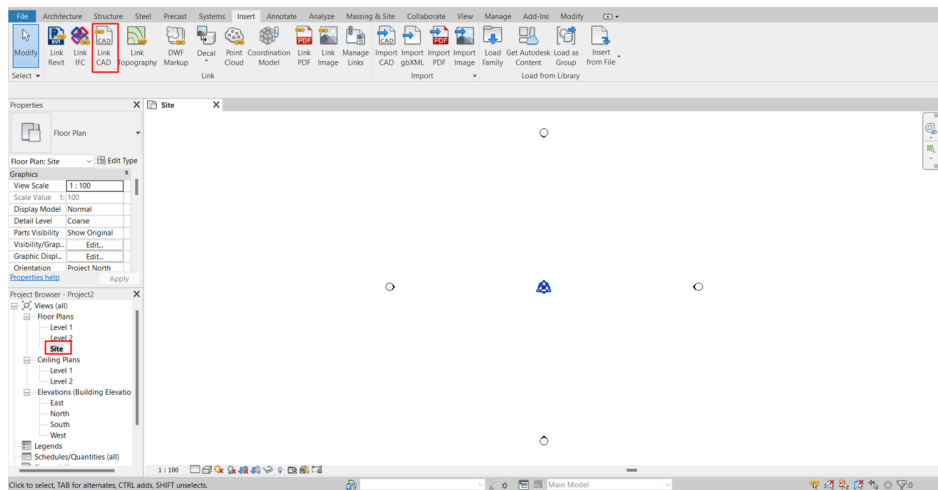
$$V = H \times \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \quad (3)$$

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.

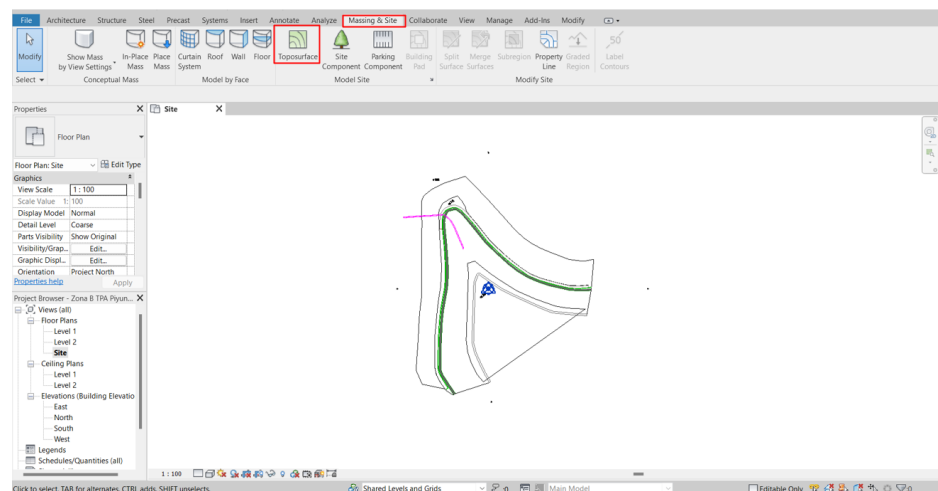
Pada penelitian ini, perhitungan BIM yang digunakan menggunakan *software revit* untuk menghitung volume saja. Langkah-langkahnya adalah dengan memasukkan file

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*”

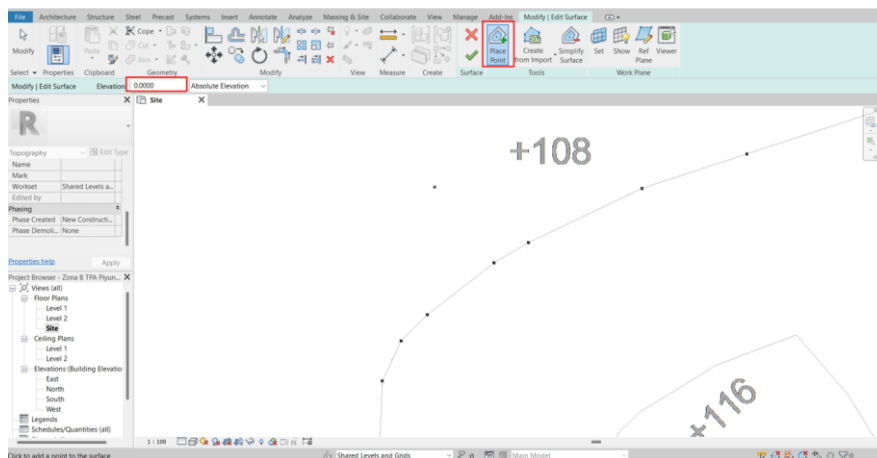
kemudian klik “*Graded Region*” untuk membuat *surface* baru untuk kondisi *New Construction* dan membuat titik-titik elevasinya. Langkah selanjutnya adalah menghitung volumenya dengan cara klik “*View*” lalu pilih “*Schedule/Quantities*”. Kemudian memilih “*Topography*” lalu klik “*OK*” dan memasukkan “*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.



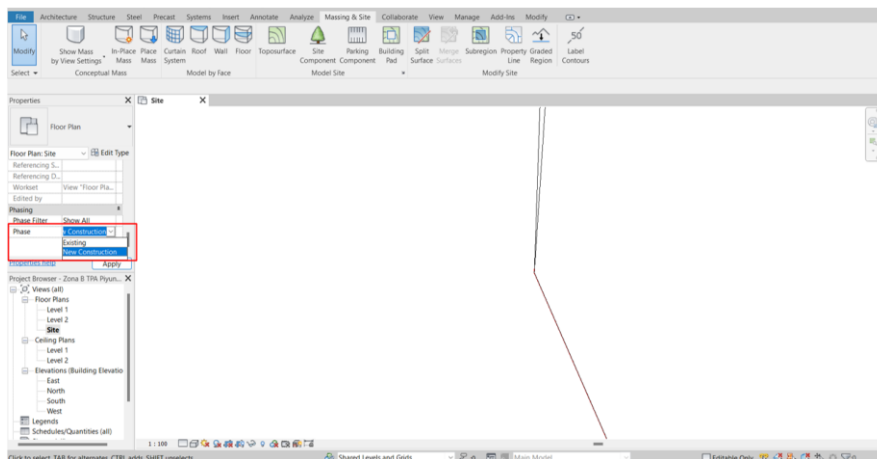
Gambar 1. Memasukkan File Autocad ke Revit



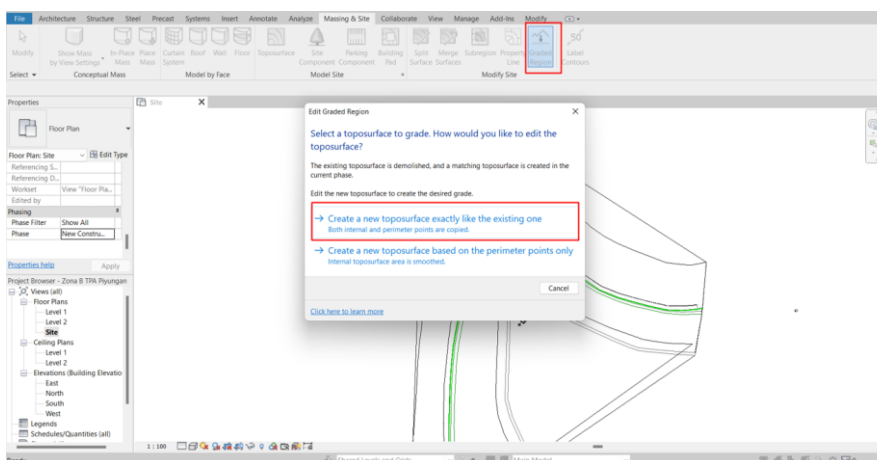
Gambar 2. Membuat Elevasi Rencana



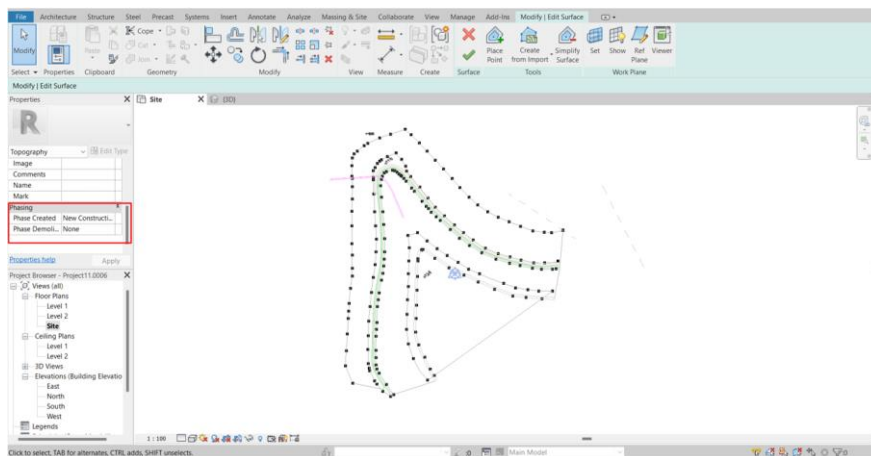
Gambar 3. Membuat Titik-Titik Elevasi



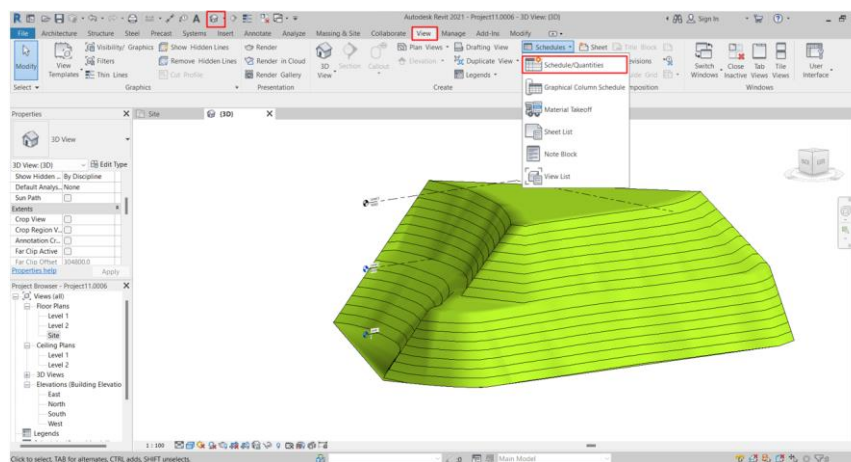
Gambar 4. Mengubah Kondisi Elevasi Pada Kondisi Existing



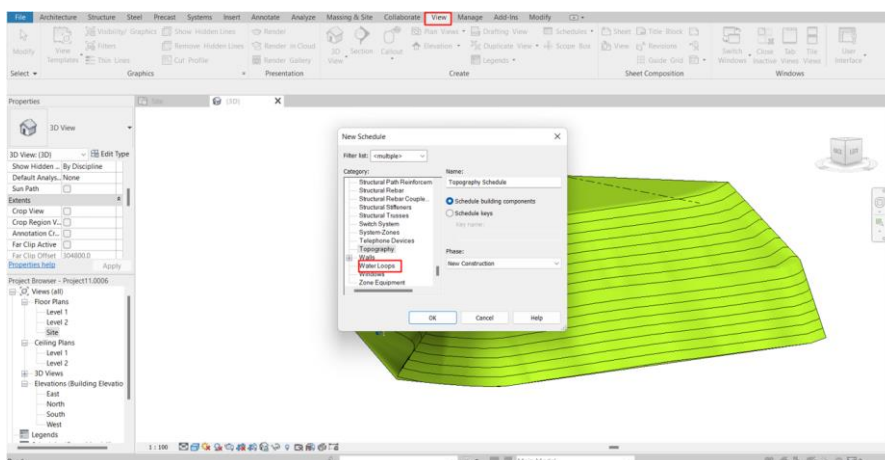
Gambar 5. Mengubah Kondisi Elevasi Pada Kondisi New Construction



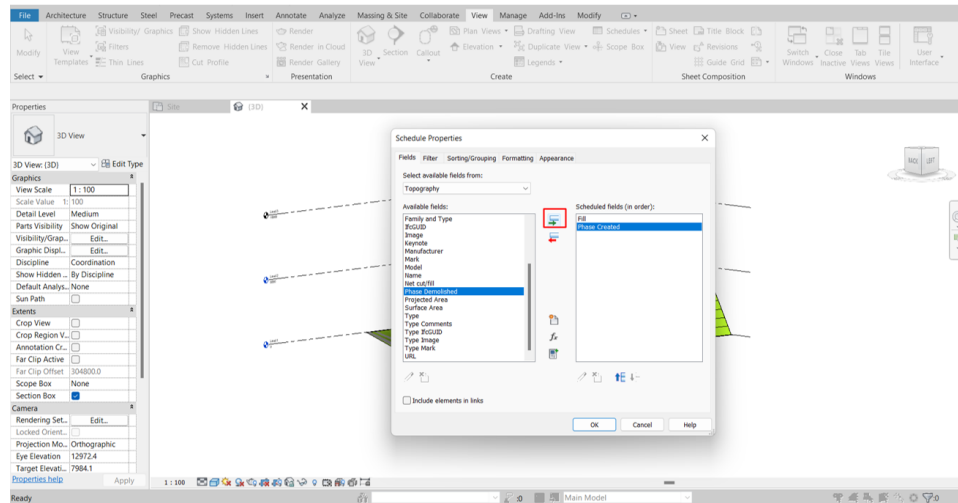
Gambar 6. Membuat Titik-Titik Elevasi Pada Kondisi New Construction



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 ³	Existing
163490.16 m ³	New Construction

Gambar 10. Hasil Perhitungan Volume Total Menggunakan Revit

Besar volume timbunan pada proyek ini didapatkan 163.490,16 m³. 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 m³, sedangkan volume gembur total timbunan sampah adalah sebesar 230.240,599 m³

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

Tabel 4. Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-8

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

Tabel 5. Produktivitas Excavator Komatsu PC200-6

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

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 ³ /jam)	Produktivitas Material Tanah (m ³ /jam)
Bulldozer D85-10	Senin	280,193	247,247
	Rabu	319,817	259,187
	Jum'at	346,903	247,570
Rata-rata		315,638	251,335

Tabel 7. Produktivitas Bulldozer D31-6

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

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 Tanah	561 110	826.940.400
Bulldozer D85-10	1	Sampah Tanah	730 91	357.791.800
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 Tanah	556 101	809.686.800
Bulldozer D85-10	2	Sampah Tanah	365 67	376.531.200

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 Tanah	417 76	810.097.600
Bulldozer D85-10	2	Sampah Tanah	365 67	376.531.200

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 Tanah	556 101	809.686.800
Bulldozer D85-10	2	Sampah Tanah	365 46	358.227.600
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 ³
Perhitungan Manual	170.384,651 m ³
Perhitungan <i>Revit</i>	163.490,16 m ³

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
TOTAL	821		Rp1.208.471.400

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
TOTAL	657		Rp1.186.218.000

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

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

$$\begin{aligned} \text{Selisih biaya} &= \text{Rp1.186.218.000,00} - \\ &\quad \text{Rp1.208.471.400,00} \\ &= - \text{Rp22.253.400,00} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan biaya} &= \frac{- \text{Rp22.253.400,00}}{\text{Rp1.208.471.400,00}} \times 100\% \\ &= -1,841\% \end{aligned}$$

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
TOTAL	493		Rp1.186.628.000

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
TOTAL		657	Rp1.191.653.600

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.