

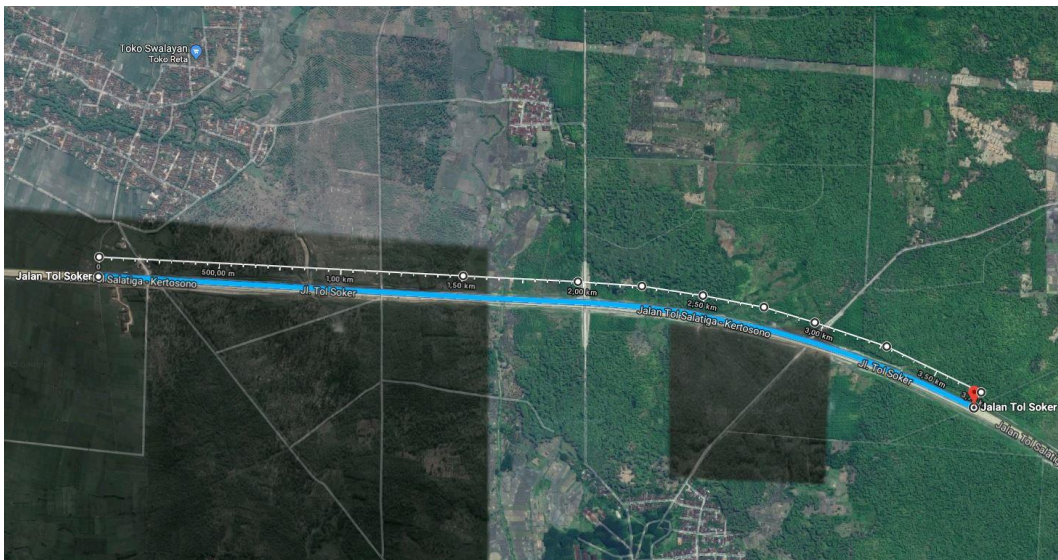
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Studi kasus pada penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Kertosono Paket 3 Zona 2 (STA. 128+500 – STA. 132+000).

Lokasi proyek : Jalan Tol Solo – Kertosono Paket 3 Zona 2
(STA. 128+500 – STA. 132+000)

Panjang Pekerjaan Jalan : 3,5 kilometer



Gambar 5. 1 Lokasi proyek ditinjau

Jumlah alat berat pada kondisi asli dilapangan (*existing*) yang digunakan dalam pekerjaan galian, timbunan adalah 49 unit dengan total jam kerja 1691 jam, untuk jumlah *excavator* yang digunakan adalah 8 unit dengan total jam kerja 825 jam, untuk jumlah bulldozer yang digunakan 7 unit dengan total jam kerja 320 jam, sedangkan untuk jumlah rata-rata *dump truk* yang digunakan adalah 34 unit dengan total jam kerja 546 jam.

5.2 Analisis Data

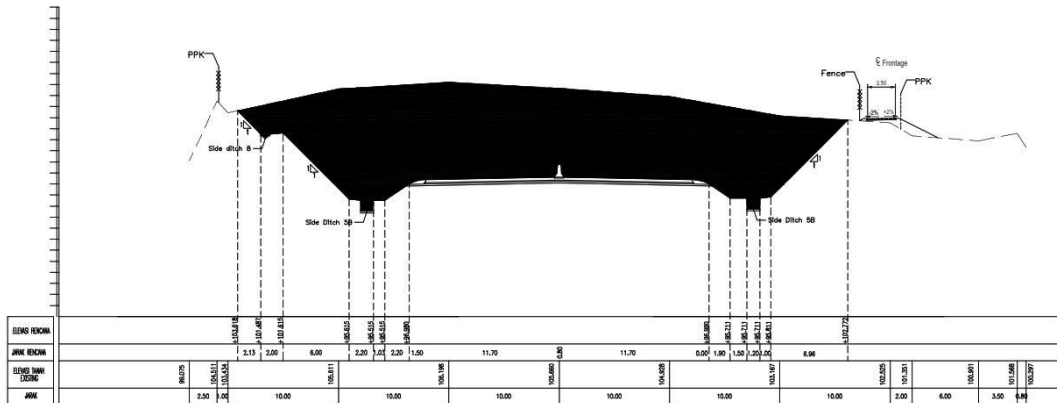
5.2.1 Jenis Alat Berat yang Digunakan

Berikut ini merupakan jenis alat berat yang akan digunakan pada tugas akhir ini sebagai perhitungan kombinasi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Kertosono Paket 3 Zona 2 (STA. 128+500 – STA. 132+000), alat yang digunakan antara lain.

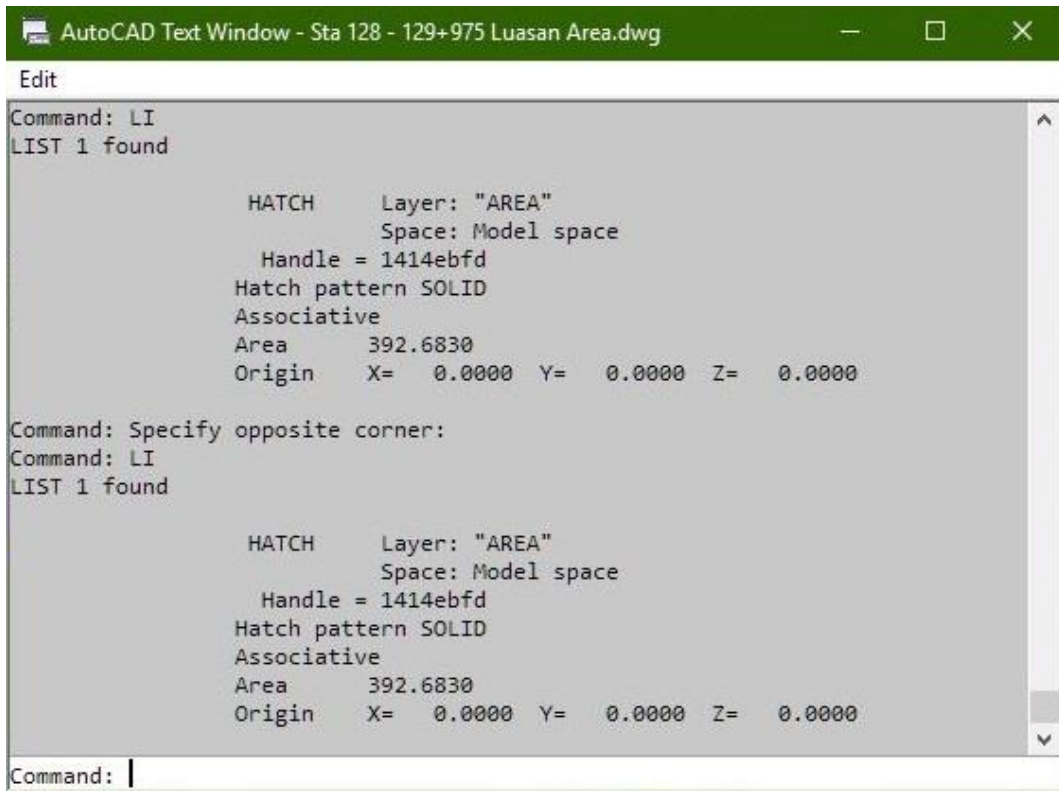
1. Jenis alat : *Excavator*
Merk/Tipe : Komatsu PC300-8
Kapasitas bucket : 1.8 m³
Kondisi : Baik
Fungsi alat : Penggali dan pemuat tanah ke dalam bak *dump truck*.
2. Jenis Alat : Bulldozer
Merk/Tipe : Komatsu D68ESS
Kapasitas : 3,0 m³
Kondisi : Baik
Fungsi Alat : Pengeruk untuk bagian galian yang landau dan mendorong tanah hasil galian.
3. Jenis Alat : Dump truck
Merk/Tipe : Isuzu Giga 34P
Kapasitas : ± 10 m³
Kondisi : Baik
Fungsi Alat : Mengangkut tanah galian ke lokasi penimbunan

5.2.2 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

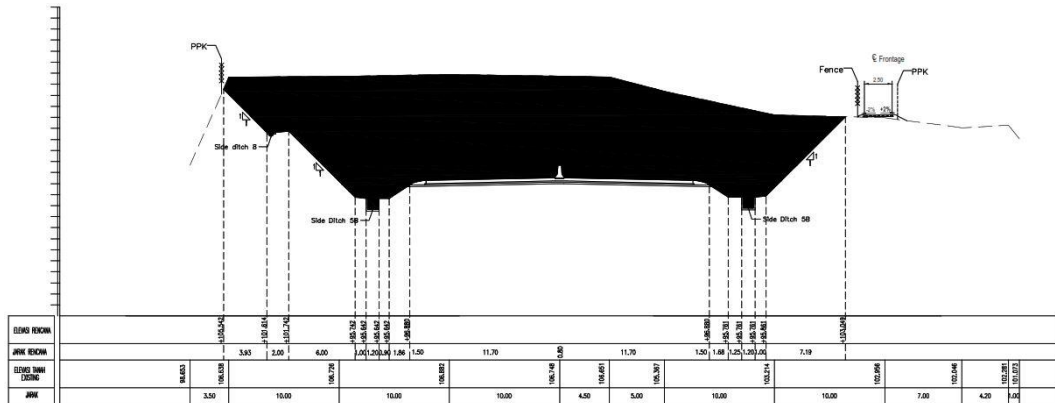
Perhitungan volume dilakukan dengan metode cross section dan prismoida, dimana dengan menggunakan aplikasi *Autocad 2017* didapatkan luasan dari *cross section* yang kemudian dapat dihitung volumenya dengan metode prismoida. Contoh potongan cross section dan hasil perhitungan luas *cross section* menggunakan aplikasi *Autocad 2017* dapat dilihat pada gambar 5.1 sampai gambar 5.4 berikut.



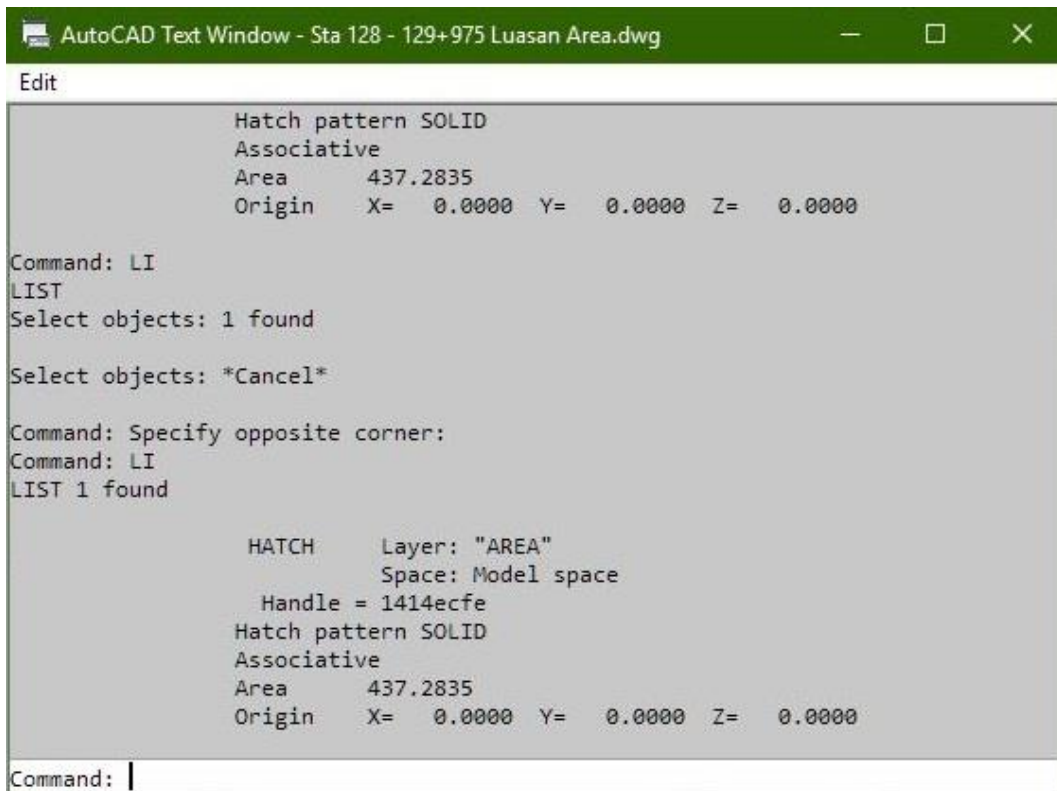
Gambar 5. 2 Cross section STA 128+900



Gambar 5. 3 Luas galian pada cross section STA 128+900



Gambar 5. 4 Cross section STA 128+925



Gambar 5. 5 Luas galian pada cross section STA 128+925

Setelah diperoleh luas area *cross section* maka perhitungan volume dilanjutkan dengan metode prismoida. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

Luas cross section 1 (A1) : 392,6830 m²

Luas cross section 2 (A2) : 437,2835 m²

Jarak antar *cross section* (h) : 25 m

Volume : $\frac{h}{6} \times (A1 + 4 \left(\frac{A1+A2}{2} \right) + A2)$

: $\frac{25}{6} \times (392,6830 + 4 \left(\frac{392,6830+437,2835}{2} \right) + 437,2835)$

: 10374,50 m³

Rekapitulasi hasil perhitungan volume galian dan timbunan dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Volume Galian

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
128+500	25,00	26,30	25,44	636,00
128+525	25,00	24,58		
128+525	25,00	24,58	27,00	674,94
128+550	25,00	29,42		
128+550	25,00	29,42	25,61	640,19
128+575	25,00	21,80		
128+575	25,00	21,80	21,95	548,75
128+600	25,00	22,10		
128+600	25,00	22,10	25,47	636,75
128+625	25,00	28,84		
128+625	25,00	28,84	26,06	651,50
128+650	25,00	23,28		
128+650	25,00	23,28	24,28	606,88
128+675	25,00	25,27		
128+675	25,00	25,27	26,56	664,00
128+700	25,00	27,85		
128+700	25,00	27,85	29,53	738,13
128+725	25,00	31,20		
128+725	25,00	31,20	37,62	940,38
128+750	25,00	44,03		
128+750	25,00	44,03	46,54	1163,38
128+775	25,00	49,04		
128+775	25,00	49,04	55,82	1395,51
128+800	25,00	62,60		
128+800	25,00	62,60	83,41	2085,26
128+825	25,00	104,22		

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Galian

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
128+825	25,00	104,22	110,02	2750,52
128+850	25,00	115,82		
128+850	25,00	115,82	125,00	3124,97
128+875	25,00	134,18		
128+875	25,00	134,18	263,43	6585,70
128+900	25,00	392,68		
128+900	25,00	392,68	414,98	10374,50
128+925	25,00	437,28		
128+925	25,00	437,28	446,39	11159,75
128+950	25,00	455,50		
128+950	25,00	455,50	378,67	9466,63
128+975	25,00	301,83		
128+975	25,00	301,83	302,17	7554,36
129+000	25,00	302,52		
129+000	25,00	302,52	274,18	6854,39
129+025	25,00	245,83		
129+025	25,00	245,83	284,94	7123,41
129+050	25,00	324,04		
129+050	25,00	324,04	320,25	8006,15
129+075	25,00	316,45		
129+075	25,00	316,45	288,11	7202,76
129+100	25,00	259,77		
129+100	25,00	259,77	236,26	5906,59
129+125	25,00	212,76		
129+125	25,00	212,76	253,24	6331,09
129+150	25,00	293,73		
129+150	25,00	293,73	372,10	9302,59
129+175	25,00	450,48		
129+175	25,00	450,48	478,86	11971,46
129+200	25,00	507,24		
129+200	25,00	507,24	510,82	12770,38
129+225	25,00	514,39		
129+225	25,00	514,39	531,97	13299,25
129+250	25,00	549,55		
129+250	25,00	549,55	559,15	13978,63
129+275	25,00	568,74		

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Galian

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
129+275	25,00	568,74	562,91	14072,75
129+300	25,00	557,08		
129+300	25,00	557,08	559,90	13997,40
129+325	25,00	562,71		
129+325	25,00	562,71	558,40	13959,96
129+350	25,00	554,08		
129+350	25,00	554,08	544,81	13620,36
129+375	25,00	535,54		
129+375	25,00	535,54	533,96	13348,95
129+400	25,00	532,37		
129+400	25,00	532,37	520,30	13007,54
129+425	25,00	508,23		
129+425	25,00	508,23	494,76	12369,11
129+450	25,00	481,30		
129+450	25,00	481,30	467,69	11692,37
129+475	25,00	454,09		
129+475	25,00	454,09	434,77	10869,37
129+500	25,00	415,46		
129+500	25,00	415,46	391,51	9787,81
129+525	25,00	367,57		
129+525	25,00	367,57	339,35	8483,68
129+550	25,00	311,13		
129+550	25,00	311,13	283,84	7095,92
129+575	25,00	256,55		
129+575	25,00	256,55	221,54	5538,53
129+600	25,00	186,54		
129+600	25,00	186,54	155,45	3886,17
129+625	25,00	124,36		
129+625	25,00	124,36	111,36	2783,95
129+650	25,00	98,36		
129+650	25,00	98,36	100,29	2507,35
129+675	25,00	102,23		
129+675	25,00	102,23	113,44	2836,10
129+700	25,00	124,66		
129+700	25,00	124,66	146,97	3674,37
129+725	25,00	169,29		
129+725	25,00	169,29	186,18	4654,59
129+750	25,00	203,08		

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Galian

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
129+750	25,00	203,08	218,92	5473,10
129+775	25,00	234,77		
129+775	25,00	234,77	248,49	6212,20
129+800	25,00	262,21		
129+800	25,00	262,21	272,18	6804,42
129+825	25,00	282,15		
129+825	25,00	282,15	284,59	7114,69
129+850	25,00	287,03		
129+850	25,00	287,03	289,00	7224,92
129+875	25,00	290,97		
129+875	25,00	290,97	290,04	7250,99
129+900	25,00	289,11		
129+900	25,00	289,11	286,07	7151,67
129+925	25,00	283,02		
129+925	25,00	283,02	281,20	7029,95
129+950	25,00	279,37		
129+950	25,00	279,37	279,30	6982,44
129+975	25,00	279,22		
129+975	25,00	279,22	277,37	6934,30
130+000	25,00	275,52		
130+000	25,00	275,52	258,72	6467,90
130+025	25,00	241,91		
130+025	25,00	241,91	240,50	6012,54
130+050	25,00	239,10		
130+050	25,00	239,10	211,45	5286,19
130+075	25,00	183,80		
130+075	25,00	183,80	144,36	3608,99
130+100	25,00	104,92		
130+100	25,00	104,92	82,28	2057,10
130+125	25,00	59,65		
130+125	25,00	59,65	49,90	1247,39
130+150	25,00	40,14		
130+150	25,00	40,14	26,03	650,84
130+175	25,00	11,92		
130+175	25,00	11,92	16,64	416,11
130+200	25,00	21,36		
130+550	25,00	7,13	20,81	520,31
130+575	25,00	34,49		

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Galian

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
130+575	25,00	34,49	60,20	1504,88
130+600	25,00	85,90		
130+600	25,00	85,90	97,69	2442,15
130+625	25,00	109,47		
130+625	25,00	109,47	124,45	3111,22
130+650	25,00	139,43		
130+650	25,00	139,43	131,37	3284,14
130+675	25,00	123,31		
130+675	25,00	123,31	117,69	2942,19
130+700	25,00	112,07		
130+700	25,00	112,07	104,38	2609,49
130+725	25,00	96,69		
130+725	25,00	96,69	90,76	2269,03
130+750	25,00	84,83		
130+750	25,00	84,83	82,27	2056,79
130+775	25,00	79,71		
130+775	25,00	79,71	74,77	1869,20
130+800	25,00	69,82		
130+800	25,00	69,82	63,72	1593,06
130+825	25,00	57,62		
130+825	25,00	57,62	38,47	961,83
130+850	25,00	19,33		
130+850	25,00	19,33	10,77	269,35
130+875	25,00	2,22		
130+875	25,00	2,22	3,74	93,57
130+900	25,00	5,26		
130+900	25,00	5,26	6,62	165,59
130+925	25,00	7,99		
130+925	25,00	7,99	13,45	336,37
130+950	25,00	18,92		
130+950	25,00	18,92	14,04	350,95
130+975	25,00	9,15		
131+725	25,00	23,80	16,35	408,67
131+750	25,00	8,89		
131+900	25,00	18,31	47,91	1197,73
131+925	25,00	77,50		
131+925	25,00	77,50	90,49	2262,37
131+950	25,00	103,49		

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Galian

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
131+950	25,00	103,49	126,95	3173,83
131+975	25,00	150,42		
TOTAL				460679,5

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Volume Timbunan

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
128+500	25,00	89,75	88,16	2203,88
128+525	25,00	86,56		
128+525	25,00	86,56	87,45	2186,25
128+550	25,00	88,34		
128+550	25,00	88,34	93,57	2339,25
128+575	25,00	98,80		
128+575	25,00	98,80	101,54	2538,38
128+600	25,00	104,27		
128+600	25,00	104,27	104,87	2621,63
128+625	25,00	105,46		
128+625	25,00	105,46	108,37	2709,13
128+650	25,00	111,27		
128+650	25,00	111,27	111,73	2793,25
128+675	25,00	112,19		
128+675	25,00	112,19	111,15	2778,69
128+700	25,00	110,11		
128+700	25,00	110,11	104,81	2620,31
128+725	25,00	99,52		
128+725	25,00	99,52	89,30	2232,50
128+750	25,00	79,08		
128+750	25,00	79,08	77,14	1928,50
128+775	25,00	75,20		
128+775	25,00	75,20	50,85	1271,25
128+800	25,00	26,50		
128+800	25,00	26,50	39,99	999,76
130+200	25,00	53,48		
130+200	25,00	53,48	69,96	1748,89
130+225	25,00	86,43		
130+225	25,00	86,43	89,94	2248,42
130+250	25,00	93,44		
130+250	25,00	93,44	98,99	2474,65
130+275	25,00	104,53		

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
130+275	25,00	104,53	110,71	2767,77
130+300	25,00	116,89		
130+300	25,00	116,89	129,98	3249,43
130+325	25,00	143,06		
130+325	25,00	143,06	157,03	3925,78
130+350	25,00	171,00		
130+350	25,00	171,00	155,60	3890,09
130+375	25,00	140,21		
130+375	25,00	140,21	142,04	3551,08
130+400	25,00	143,88		
130+400	25,00	143,88	136,44	3411,00
130+425	25,00	129,00		
130+425	25,00	129,00	108,49	2712,33
130+450	25,00	87,99		
130+450	25,00	87,99	102,14	2553,45
130+475	25,00	116,29		
130+475	25,00	116,29	90,61	2265,34
130+500	25,00	64,94		
130+500	25,00	64,94	46,28	1156,90
130+525	25,00	27,61		
130+525	25,00	27,61	24,31	607,84
130+875	25,00	21,01		
130+875	25,00	21,01	32,62	815,61
130+900	25,00	44,24		
130+900	25,00	44,24	34,27	856,83
130+925	25,00	24,31		
130+925	25,00	24,31	15,07	376,79
130+950	25,00	5,83		
130+950	25,00	5,83	19,92	497,89
130+975	25,00	34,00		
130+975	25,00	34,00	45,75	1143,76
131+000	25,00	57,50		
131+000	25,00	57,50	107,71	2692,71
131+025	25,00	157,92		
131+025	25,00	157,92	149,18	3729,55
131+050	25,00	140,45		

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
131+050	25,00	140,45	142,42	3560,45
131+075	25,00	144,39		
131+075	25,00	144,39	138,96	3473,96
131+100	25,00	133,53		
131+100	25,00	133,53	136,47	3411,87
131+125	25,00	139,42		
131+125	25,00	139,42	140,37	3509,27
131+150	25,00	141,32		
131+150	25,00	141,32	143,54	3588,38
131+175	25,00	145,75		
131+175	25,00	145,75	129,16	3229,10
131+200	25,00	112,58		
131+200	25,00	112,58	125,53	3138,27
131+225	25,00	138,48		
131+225	25,00	138,48	147,46	3686,53
131+250	25,00	156,44		
131+250	25,00	156,44	210,82	5270,42
131+300	25,00	265,19		
131+300	25,00	265,19	278,04	6951,00
131+325	25,00	290,89		
131+325	25,00	290,89	272,01	6800,26
131+350	25,00	253,14		
131+350	25,00	253,14	229,87	5746,71
131+375	25,00	206,60		
131+375	25,00	206,60	201,04	5025,98
131+400	25,00	195,48		
131+400	25,00	195,48	189,80	4744,89
131+425	25,00	184,11		
131+425	25,00	184,11	195,00	4874,90
131+450	25,00	205,88		
131+450	25,00	205,88	214,48	5361,89
131+475	25,00	223,07		
131+475	25,00	223,07	213,63	5340,74
131+500	25,00	204,19		
131+500	25,00	204,19	189,80	4744,97
131+525	25,00	175,41		
131+525	25,00	175,41	158,50	3962,54
131+550	25,00	141,59		

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan

STA	d	Luas <i>cross section</i>	AM	Volume
131+550	25,00	141,59	109,15	2728,67
131+575	25,00	76,70		
131+575	25,00	76,70	54,58	1364,41
131+600	25,00	32,45		
131+600	25,00	32,45	25,86	646,59
131+625	25,00	19,28		
131+625	25,00	19,28	17,16	429,10
131+650	25,00	15,05		
131+650	25,00	15,05	11,68	291,98
131+675	25,00	8,31		
131+675	25,00	8,31	6,89	172,32
131+750	25,00	5,48		
131+750	25,00	5,48	25,62	640,52
131+775	25,00	45,76		
131+775	25,00	45,76	45,05	1126,25
131+800	25,00	44,34		
131+800	25,00	44,34	47,63	1190,64
131+825	25,00	50,91		
131+825	25,00	50,91	54,53	1363,33
131+850	25,00	58,15		
131+850	25,00	58,15	66,85	1671,35
131+875	25,00	75,55		
TOTAL				173.946,1

Dari analisis perhitungan volume diatas diperoleh volume galian sebesar 460.679,5 m³ dan volume timbunan sebesar 173.946,1 m³. Berdasarkan profil vertikal kontur tanah, lokasi galian yang paling dominan terletak pada STA. 128+800 sampai STA. 130+175. Proses penggalian dilakukan dengan menggunakan *excavator* untuk memangkas kontur permukaan yang terjal, kemudian *bulldozer* mendorong tanah hasil galian ke tempat pengangkutan, pengangkutan keatas *dump truck* dilakukan oleh *excavator*. Tanah hasil galian digunakan untuk menutup kebutuhan tanah pada area timbunan. Volume galian yang berlebih dapat digunakan untuk menutup timbunan pada area zona berikutnya.

5.2.3 Produktivitas Alat Berat

1. *Excavator*

Fungsi dan tugas *excavator* pada pelaksanaan penelitian ini adalah untuk menggali tanah dan memuat tanah hasil galian kedalam *dump truck*, sehingga terdapat perbedaan pada waktu memuat dan waktu menggali.

Merek dan tipe : Komatsu PC300-8

Kapasitas *bucket* (q') : 1,8 m³

Faktor *bucket* (K) : 0,8

Efisiensi kerja (E) : 0,75

Waktu gali : 13 dtk

Waktu buang : 7 dtk

Waktu putar : 7 dtk

a. Produktivitas untuk menggali

$$\begin{aligned}\text{Waktu siklus (Cm)} &= \text{waktuk gali} + (2 \times \text{waktu putar}) + \text{waktu buang} \\ &= 13 + (2 \times 7) + 7 \\ &= 34 \text{ dtk}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produksi per siklus (q)} &= q' \times K \\ &= 1,8 \times 0,8 \\ &= 1,44 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Produktivitas *excavator* per jam

$$\begin{aligned}Q &= \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \\ &= \frac{1,44 \times 3600 \times 0,75}{34} \\ &= 114,35 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

b. Produktivitas untuk memuat tanah galian kedalam *dump truck*

$$\begin{aligned}\text{Waktu siklus (Cm)} &= \text{waktuk gali} + (2 \times \text{waktu putar}) + \text{waktu buang} \\ &= 6 + (2 \times 5) + 7 \\ &= 25 \text{ dtk}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produksi per siklus (q)} &= q' \times K \\ &= 1,8 \times 0,8 \\ &= 1,44 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Produktivitas *excavator* per jam

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times 3600 \times E}{C_m} \\
 &= \frac{1,44 \times 3600 \times 0,75}{25} \\
 &= 155,52 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

2. *Bulldozer*

Tugas dan fungsi *bulldozer* pada penelitian yang dilakukan terbagi menjadi dua berdasarkan lokasi pekerjaannya, yakni pada area galian *bulldozer* bertugas untuk menggusur tanah hasil galian *excavator* ke lokasi *stockpile* untuk kemudian diangkut ke dalam *dump truck* oleh *excavator*, sedangkan pada area timbunan *bulldozer* bertugas untuk menghamparkan tanah hasil galian untuk menutup kebutuhan tanah pada area timbunan.

Merek dan tipe	: Komatsu D68ESS-12
Lebar <i>blade</i> (L)	: 3,980 m
Tinggi <i>blade</i> (H)	: 0,95 m
Faktor <i>blade</i> (a)	: 0,7
Jarak gusur (D)	: 12,5 m
Efisiensi kerja	: 0,75
Kecepatan maju (F)	: 5 km/j
Kecepatan mundur (R)	: 5 km/j
Waktu ganti persenelling (z)	: 0,05 menit
Koefisien volume tanah:	1

a. Produktivitas pada area galian

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu siklus (Cm)} &= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \\
 &= \frac{12,5}{83,33} + \frac{12,5}{83,33} + 0,05 \\
 &= 0,35 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi } \textit{Bulldozer} (q) &= L \times H^2 \times a \\
 &= 3,980 \times 0,95^2 \times 0,7 \\
 &= 2,51
 \end{aligned}$$

Produktivitas dalam satu jam (m³/jam)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{60}{C_m} \times q \times E \times f \\
 &= \frac{60}{0,35} \times 2,51 \times 0,75 \times 1 \\
 &= 323,28 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

b. Produktivitas pada area timbunan

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu siklus (Cm)} &= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \\
 &= \frac{32}{83,33} + \frac{32}{83,33} + 0,05 \\
 &= 0,82 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi } \textit{Bulldozer} (q) &= L \times H^2 \times a \\
 &= 3,980 \times 0,95^2 \times 0,9 \\
 &= 3,23
 \end{aligned}$$

Produktivitas *bulldozer* per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{60}{C_m} \times q \times E \times f \\
 &= \frac{60}{0,82} \times 3,23 \times 0,75 \times 1 \\
 &= 177,84 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3. *Dump truck*

Kapasitas bak *dump truck* (c) : 10 m^3

Faktor *bucket* pemuat (K) : 0,8

Kapasitas pemuat (q') : $1,8 \text{ m}^3$

Faktor efisiensi (E) : 0,75

Jarak pengangkutan (D) : 1500 m

Kecepatan kosong (V2) : $15 \text{ km/jam} = 133,33 \text{ m/menit}$

Kecepatan bermuatan (V1) : $8 \text{ km/jam} = 250 \text{ m/menit}$

Waktu buang (t_1) : 0,6 menit

Waktu tunggu (t_2) : 0,2 menit

Waktu siklus pemuat (Cms) : 0,4 menit

a. Produktivitas *dump truck*

Jumlah siklus *excavator* untuk mengisi satu *dump truck* (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{c}{q' \times k} \\
 &= \frac{10}{1,8 \times 0,8} \\
 &= 7 \text{ siklus}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi per siklus (C)} &= n \times q' \times K \\
 &= 7 \times 1,8 \times 0,8 \\
 &= 10,08 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu siklus (Cm)} &= n \times Cms + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \\
 &= 7 \times 0,4 + \frac{1500}{133,33} + \frac{1500}{250} + 0,6 + 0,2 \\
 &= 21 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas (Q)} &= \frac{c \times 60 \times E}{Cm} \\
 &= \frac{10,08 \times 60 \times 0,75}{21} \\
 &= 21,63 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

5.2.4 Perhitungan Biaya Sewa Alat

1. *Excavator*

Jenis alat	: Excavator PC300-8
Merek	: Komatsu
Harga sewa alat	= Rp450.600,00/jam
Bahan bakar	= 20 liter/jam \times Rp8.500,00 = Rp170.000,00
Operator	= Rp150.000,00 /hari /7 jam = Rp21.500,00 /jam
Harga sewa	= Rp450.600,00 + Rp170.000,00 + Rp21.500,00 = Rp642.100,00 /jam

2. *Bulldozer*

Merek	: Komatsu
Tipe/jenis	: D68ESS-12
Harga sewa alat	= Rp412.100,00/jam
Bahan bakar	= 25 liter /jam \times Rp8.500,00 = Rp212.500,00 /jam

Operator = Rp150.000,00 /hari /7 jam
 = Rp21.500,00 /jam
 Harga sewa = Rp412.100,00 + Rp212.500,00 + Rp21.500,00
 = Rp646.100,00 /jam

3. *Dump truck*

Merek : Isuzu
 Tipe/jenis : Giga 34P
 Kapasitas bak : 10 m³
 Harga sewa alat = Rp342.200,00/jam
 Bahan bakar = 16 liter /jam × Rp8.500,00
 = Rp136.000,00 /jam
 Operator = Rp100.000,00 /hari /7 jam
 = Rp14.300,00 /jam
 Harga sewa = Rp342.200,00 + Rp136.000,00 + Rp14.300,00
 = Rp474.500,00 /jam

5.2.5 Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat

Dari data yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan alternatif dan dilakukan analisis berdasarkan hasil perhitungan produksi alat dan biaya sewa. Penentuan alternatif didasarkan oleh perbedaan pada teknis pekerjaan yang akan dilakukan. Pada kondisi di lapangan digunakan 8 unit *excavator* untuk menggali dan memuat tanah galian ke dalam *dump truck*, 7 unit *bulldozer*, dan 31 unit *dump truck* dengan rincian sebagaimana pada tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Penggunaan Alat Berat pada Kondisi Asli (Existing)

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
<i>Excavator</i> Penggali	6	Rp3.308.099.200,00
<i>Excavator</i> Pemuat	2	
<i>Bulldozer</i> Area Galian	4	Rp1.555.808.800,00
<i>Bulldozer</i> Area Timbunan	3	
<i>Dump truck</i>	31	Rp 8.237.320.000,00
Total		Rp13.101.228.000,00

Durasi pekerjaan pada kondisi lapangan ditampilkan pada diagram 5.1 berikut

Diagram 5. 1 Bar chart waktu pekerjaan pada kondisi asli lapangan

Alat	Durasi (minggu)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Excavator Galian	13.71	[Bar chart showing duration from week 1 to 14]													
Excavator Pemuat	11.43	[Bar chart showing duration from week 2 to 7]						[Bar chart showing duration from week 9 to 14]							
Bulldozer Galian	9.71	[Bar chart showing duration from week 2 to 7]						[Bar chart showing duration from week 9 to 14]							
Bulldozer Timbunan	5.00	[Bar chart showing duration from week 5 to 8]				[Bar chart showing duration from week 12 to 14]									
DumpTruck	11.43	[Bar chart showing duration from week 2 to 7]						[Bar chart showing duration from week 9 to 14]							

1. Analisis Alternatif 1

Pada alternatif 1 *excavator* bertugas untuk memotong permukaan tanah yang terjal dan kemudian dibantu oleh *bulldozer* untuk mengikis permukaan tanah yang landai serta mendorong sisa-sisa galian ke *stockpile* untuk dimuat ke dalam *dump truck*. Pada alternatif 1 digunakan 8 unit *excavator* untuk menggali dan memuat tanah galian ke dalam *dump truck*, 7 unit *bulldozer*, dan 31 unit *dump truck* dengan rincian sebagaimana pada tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Penggunaan Alat Berat pada Alternatif 1

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
<i>Excavator</i> Penggali	6	Rp3.308.099.200,00
<i>Excavator</i> Pemuat	2	
<i>Bulldozer</i> Area Galian	4	Rp1.554.454.900,00
<i>Bulldozer</i> Area Timbunan	4	
<i>Dump truck</i>	31	Rp 9.884.784.000,00
Total		Rp14.749.338.100,00

a. *Excavator*

Volume Galian : 460.679,47 m³

Jumlah *excavator* (n) : 6 unit

Produksi *excavator* dalam 1 jam (Q) : 114,35 m³/jam

Produksi *excavator* seluruh alat = Q × n

= 114,35 m³/jam × 6 unit

$$\begin{aligned}
 &= 666,12 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Waktu kerja } excavator &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi excavator seluruh alat}} \\
 &= \frac{460.679,47}{666,12} \\
 &= 672 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pengangkutan tanah galian kedalam *dump truck* dengan menggunakan *excavator* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah alat (n)} &: 2 \text{ unit} \\
 \text{Produksi } excavator \text{ dalam 1 jam (Q)} &: 155,52 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi } excavator \text{ total} &= Q \times n \\
 &= 155,52 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ unit} \\
 &= 311,04 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume tanah sisa} &= 173.946,11 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu kerja } excavator &= \frac{\text{Volume Tanah Sisa}}{\text{Produksi excavator seluruh alat}} \\
 &= \frac{173.946,11}{311,04} \\
 &= 560 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Jumlah total *excavator* yang digunakan pada alternatif 1 adalah sebanyak 8 unit dengan total biaya sewa sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu penggunaan } excavator &= \text{Waktu menggali} + \text{Waktu memuat} \\
 &= 672 \text{ jam} + 560 \text{ jam} \\
 &= 1232 \text{ jam} \\
 \text{Biaya sewa per jam} &= \text{Rp}642.100,00/\text{jam} \\
 \text{Biaya sewa total} &= \text{Rp}642.100,00 \times 1232 \text{ jam} \times 8 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp}3.308.099.200,00
 \end{aligned}$$

b. *Bulldozer*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah alat (n)} &: 4 \text{ unit} \\
 \text{Volume galian} &: 460.679,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Produksi } bulldozer \text{ dalam 1 (Q)} &: 323,28 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi } bulldozer \text{ total} &= Q \times n \\
 &= 323,28 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1293,102 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Waktu kerja } \textit{bulldozer} &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ seluruh alat}} \\
 &= \frac{460.679,47}{1293,102} \\
 &= 357 \text{ jam} \\
 \text{Biaya sewa alat per jam} &= \text{Rp}646.100,00/\text{jam} \\
 \text{Biaya total sewa alat} &= \text{Rp}646.100,00 \times 357 \text{ jam} \times 4 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp}922.630.800,00
 \end{aligned}$$

Setelah pekerjaan pemindahan tanah untuk galian selesai, tanah yang telah dikumpulkan di *stockpile* akan dipindahkan ke area timbunan menggunakan *dump truck* untuk dilakukan penimbunan tanah pada area timbunan dengan menggunakan *bulldozer*.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } \textit{bulldozer} \text{ (n)} &: 3 \text{ unit} \\
 \text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ per jam (Q)} &: 177,84 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ seluruh alat} &= Q \times n \\
 &= 177,84 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ unit} \\
 &= 533,52 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume timbunan} &= 173.946,11 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu kerja } \textit{bulldozer} &= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ seluruh alat}} \\
 &= \frac{173.946,11}{533,52} \\
 &= 327 \text{ jam} \\
 \text{Biaya sewa alat per jam} &= \text{Rp}646.100,00/\text{jam} \\
 \text{Biaya sewa total} &= \text{Rp}646.100,00 \times 327 \text{ jam} \times 3 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp}633.824.100,00
 \end{aligned}$$

Jumlah total *bulldozer* yang digunakan pada alternatif 1 adalah sebanyak 7 unit dengan total biaya sewa sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya sewa total} &= \text{Rp}646.100,00 \times (357+327) \times 7 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp}1.556.454.900,00
 \end{aligned}$$

c. *Dump truck*

$$\text{Volume tanah yang akan diangkut} : 374.056,98 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi } \textit{dump truck} \text{ per jam} & : 21,63 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi } \textit{excavator} & : 686,12 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah } \textit{dump truck} \text{ (n)} & = \frac{\text{Produksi } \textit{excavator}}{\text{produksi } \textit{dump truck}} \\
 & = \frac{686,12}{28,86} \\
 & = 31 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Durasi kerja *dump truck* sama dengan waktu kerja *excavator* pada proses memuat tanah galian kedalam *dump truck*. Setelah diperoleh jumlah waktu kerja *dump truck* maka dapat dihitung biaya sewa yang harus dikeluarkan.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu kerja } \textit{dump truck} & = 672 \text{ jam} \\
 \text{Biaya sewa alat per jam} & = \text{Rp}474,500,00/\text{jam} \\
 \text{Biaya total sewa } \textit{dump truck} & = \text{Rp}474,500,00 \times 560 \text{ jam} \times 31 \text{ unit} \\
 & = \text{Rp}9.884.784.000,00
 \end{aligned}$$

Durasi pekerjaan pada alternatif 1 diperoleh selama 14 minggu. Bar chart pelaksanaan pekerjaan pemindahan tanah ditampilkan pada diagram 5.2 berikut

Diagram 5. 2 Bar chart waktu pekerjaan pada alternatif 1

Alat	Durasi (minggu)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Excavator Galian	13.71	[Bar chart showing activity from week 1 to 14]													
Excavator Pemuat	11.43	[Bar chart showing activity from week 2 to 7]						[Bar chart showing activity from week 8 to 14]							
Bulldozer Galian	7.29	[Bar chart showing activity from week 2 to 5]				[Bar chart showing activity from week 8 to 11]									
Bulldozer Timbunan	6.67					[Bar chart showing activity from week 4 to 7]				[Bar chart showing activity from week 12 to 14]					
DumpTruck	13.71	[Bar chart showing activity from week 2 to 7]						[Bar chart showing activity from week 8 to 14]							

2. Analisis Alternatif 2

Pada alternatif 2 proses menggali hanya difokuskan pada penggunaan *excavator*, sehingga teknis pekerjaannya sedikit berubah dimana tanah hasil galian oleh *excavator* langsung dimuat kedalam *dump truck*, dengan pemuatan langsung tersebut maka kebutuhan bulldozer pada area galian untuk mendorong tanah sisa galian dapat dihilangkan. Pada alternatif 2 digunakan 8 unit *excavator* untuk menggali sekaligus memuat tanah galian ke dalam *dump truck*, 2 unit *bulldozer* untuk meratakan tanah pada area timbunan, dan 32 unit *dump truck* dengan rincian sebagaimana pada tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 5 Penggunaan Alat Berat pada Alternatif 2

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
<i>Excavator</i>	8	Rp2.285.876.000,00
<i>Bulldozer</i>	2	Rp633.178.000,00
<i>Dump truck</i>	31	Rp6.756.880.000,00
Total		Rp9.675.934.000,00

a. *Excavator*

Jumlah *excavator* (n) : 8 unit

Volume galian : 460.679,47 m³

Produksi *excavator* dalam 1 jam (Q) : 129,6 m³/jam

Produksi oleh seluruh *excavator* = Q × n

= 129,6 m³/jam × 8 unit

= 1036,80 m³/jam

Waktu kerja *excavator* = $\frac{\text{Volume galian}}{\text{Produksi total seluruh excavator}}$

= $\frac{460.679,47}{1036,80}$

= 445 jam

Biaya sewa *excavator* per jam = Rp642.100,00/jam

Total biaya sewa *excavator* = Rp642.100,00 × 445 jam × 8 unit

= Rp2.285.876.000,00

b. *Bulldozer*

Jumlah *bulldozer* (n) : 2 unit

$$\begin{aligned}
 \text{Volume timbunan} & : 173.946,10 \text{ m}^3 \\
 \text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ dalam 1jam (Q)} & : 177,84 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi total } \textit{bulldozer} & = Q \times n \\
 & = 177,84 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ unit} \\
 & = 355,68 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Waktu kerja } \textit{bulldozer} & = \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi total seluruh } \textit{bulldozer}} \\
 & = \frac{173.946,10}{355,68} \\
 & = 490 \text{ jam} \\
 \text{Biaya sewa } \textit{bulldozer} & = \text{Rp}646.100,00/\text{jam} \\
 \text{Total biaya sewa } \textit{bulldozer} & = \text{Rp}646.100,00 \times 490 \text{ jam} \times 2 \text{ unit} \\
 & = \text{Rp}633.178.000,00
 \end{aligned}$$

c. *Dump truck*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tanah yang akan diangkut} & : 460.679,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Produksi } \textit{dump truck} \text{ per jam} & : 21,63 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi } \textit{excavator} & : 1036,80 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah } \textit{dump truck} \text{ (n)} & = \frac{\text{Produksi } \textit{excavator}}{\text{produksi } \textit{dump truck}} \\
 & = \frac{1036,80}{21,63} \\
 & = 32 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Durasi kerja *dump truck* adalah sama dengan waktu kerja *excavator* pada proses memuat tanah galian kedalam *dump truck*. Setelah diperoleh jumlah waktu kerja *dump truck* maka dapat dihitung biaya sewa yang harus dikeluarkan.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu kerja } \textit{dump truck} & = 445 \text{ jam} \\
 \text{Biaya sewa } \textit{dump truck} \text{ per jam} & = \text{Rp}474,500,00 / \text{jam} \\
 \text{Total biaya sewa } \textit{dump truck} & = \text{Rp}474,500,00 \times 445 \text{ jam} \times 32 \text{ unit} \\
 & = \text{Rp}6.756.880.000,00
 \end{aligned}$$

Durasi pekerjaan pada alternatif 2 diperoleh selama kurang lebih 10 minggu. Bar chart pelaksanaan pekerjaan pemindahan tanah ditampilkan pada diagram 5.3 berikut

Diagram 5. 3 Bar chart waktu pekerjaan pada Alternatif 2

Alat	Durasi (minggu)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Excavator Galian	9,08	[Bar chart showing duration from week 1 to 9,08]									
Bulldozer Timbunan	10,00	[Bar chart showing duration from week 1 to 10,00]									
DumpTruck	9,08	[Bar chart showing duration from week 1 to 9,08]									

3. Analisis Alternatif 3

Pada alternatif 3 excavator terbagi menjadi dua, yaitu yang bertugas khusus hanya untuk menggali dan yang bertugas khusus hanya untuk memuat tanah galian ke *dump truck* setelah tanah galian dipindahkan ke *stockpile* oleh *bulldozer*. Pada alternatif 3 digunakan 10 unit *excavator* untuk menggali dan memuat tanah galian ke dalam *dump truck*, 4 unit *bulldozer* pada area galian 2 unit *bulldozer* untuk meratakan tanah pada area timbunan, dan 35 unit *dump truck* dengan rincian sebagaimana pada tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 6 Penggunaan Alat Berat pada Alternatif 3

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
<i>Excavator</i> Penggali	6	Rp3.003.743.800,00
<i>Excavator</i> Pemuat	4	
<i>Bulldozer</i> Area Galian	4	Rp1.555.808.800,00
<i>Bulldozer</i> Area Timbunan	2	
<i>Dump truck</i>	35	Rp 9.848.247.500,00
Total		Rp14.407.800.100,00

a. *Excavator*

Jumlah *excavator* (n) : 6 unit

Volume galian : 460.679,47 m³

Produksi *excavator* dalam 1 jam (Q) : 129,60 m³/jam

Produksi total *excavator* = Q × n

= 129,60 m³/jam × 6 unit

= 777,60 m³/jam

Waktu kerja *excavator* = $\frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi total seluruh excavator}}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{460.679,47}{777,60} \\
 &= 593 \text{ jam} \\
 \text{Jumlah } excavator \text{ (n)} &: 4 \text{ unit} \\
 \text{Produksi } excavator \text{ dalam 1 jam (Q)} &: 155,52 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi total } excavator &= Q \times n \\
 &= 155,52 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \text{ unit} \\
 &= 622,08 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume tanah bekas galian} &= 173.946,109 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu kerja } excavator &= \frac{\text{Volume bekas galian}}{\text{Produksi total seluruh } excavator} \\
 &= \frac{173.946,109}{622,08} \\
 &= 280 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Pada alternatif 3 digunakan 8 unit excavator dengan kebutuhan biaya sewa sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu penggunaan } excavator &= \text{Waktu menggali} + \text{Waktu memuat} \\
 &= 593 \text{ jam} + 280 \text{ jam} \\
 &= 873 \text{ jam} \\
 \text{Biaya sewa } excavator \text{ per jam} &= \text{Rp}642.100,00/\text{jam} \\
 \text{Total biaya sewa } excavator &= \text{Rp}642.100,00 \times 873 \text{ jam} \times 10 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp}3.003.743.800,00
 \end{aligned}$$

b. *Bulldozer*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } bulldozer \text{ (n)} &: 4 \text{ unit} \\
 \text{Volume galian} &: 460.679,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Produksi } bulldozer \text{ per jam (Q)} &: 323,28 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi total } bulldozer &= Q \times n \\
 &= 323,28 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \text{ unit} \\
 &= 1293,10 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Waktu kerja } bulldozer &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi seluruh } bulldozer} \\
 &= \frac{460.679,47}{1293,10} \\
 &= 357 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Setelah pekerjaan pemindahan tanah untuk galian selesai, tanah sisa yang dikumpulkan di *stockpile* akan dipindahkan ke area timbunan menggunakan *dump truck* untuk dilakukan penutupan tanah pada area timbunan dengan menggunakan *bulldozer*.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } \textit{bulldozer} \text{ (n)} & : 2 \text{ unit} \\
 \text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ dalam 1 jam (Q)} & : 177,84 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ seluruh alat} & = Q \times n \\
 & = 177,84 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ unit} \\
 & = 355,68 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume timbunan} & = 173.946,11 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu kerja } \textit{bulldozer} & = \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ seluruh alat}} \\
 & = \frac{173.946,11}{355,68} \\
 & = 490 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Pada alternatif 3 ini digunakan 6 unit *bulldozer* dengan kebutuhan biaya sewa alat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu penggunaan } \textit{bulldozer} & = \text{Waktu galian} + \text{Waktu timbunan} \\
 & = 357 \text{ jam} + 490 \text{ jam} \\
 & = 847 \text{ jam} \\
 \text{Biaya sewa alat per jam} & = \text{Rp}646.100,00 / \text{jam} \\
 \text{Biaya sewa total} & = \text{Rp}646.100,00 \times 847 \text{ jam} \times 6 \text{ unit} \\
 & = \text{Rp}1.555.808.800,00
 \end{aligned}$$

c. *Dump truck*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tanah yang harus diangkut} & : 460.679,47 \text{ m}^3 \\
 \text{Produksi } \textit{dump truck} \text{ dalam 1 jam} & : 21,63 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi } \textit{excavator} & : 777,60 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Jumlah } \textit{dump truck} \text{ (n)} & = \frac{\text{Produksi } \textit{excavator}}{\text{produksi } \textit{dump truck}} \\
 & = \frac{777,60}{21,63} \\
 & = 35 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Durasi kerja *dump truck* adalah sama dengan waktu kerja *excavator* pada proses memuat tanah galian kedalam *dump truck*. Setelah diperoleh jumlah waktu kerja *dump truck* maka dapat dihitung biaya sewa yang harus dikeluarkan.

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja } \textit{dump truck} &= 593 \text{ jam} \\ \text{Biaya sewa } \textit{dump truck} \text{ per jam} &= \text{Rp}474,500,00 / \text{jam} \\ \text{Biaya total sewa } \textit{dump truck} &= \text{Rp}474,500,00 \times 593 \text{ jam} \times 35 \text{ unit} \\ &= \text{Rp}9.848.247.500,00 \end{aligned}$$

Durasi pekerjaan pada alternatif 1 diperoleh selama 12 minggu. Bar chart pelaksanaan pekerjaan pemindahan tanah ditampilkan pada diagram 5.4 berikut

Diagram 5. 4 Bar chart waktu pekerjaan pada Alternatif 2

Alat	Durasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Excavator Galian	12.10	[Bar chart showing activity from week 1 to 12]											
Excavator Pemuat	5.71			[Bar chart showing activity from week 3 to 5]								[Bar chart showing activity from week 11 to 12]	
Bulldozer Galian	7.29			[Bar chart showing activity from week 3 to 5]						[Bar chart showing activity from week 9 to 11]			
Bulldozer Timbunan	10.00			[Bar chart showing activity from week 3 to 12]									
DumpTruck	12.10	[Bar chart showing activity from week 1 to 12]											

5.3 Pembahasan

Setelah dilakukan perhitungan 3 alternatif kombinasi alat berat terhadap kondisi asli dilapangan (*existing*), selanjutnya akan dilakukan perbandingan 3 alternatif tersebut untuk mendapatkan alternatif yang lebih cepat dari segi waktu dan lebih murah dari segi biaya. Perhitungan alat berat yang digunakan dilapangan (*existing*) akan dijadikan sebagai pembanding terhadap alternatif yang telah dianalisis. Berikut adalah perhitungan perbandingan antara kondisi asli dilapangan (*existing*) dengan 3 alternatif yang sudah dianalisis.

1. Kondisi Asli (*Existing*)

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 7 Penggunaan Alat Berat pada Kondisi Asli (*Existing*)

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
<i>Excavator</i> Penggali	6	Rp3.308.099.200,00
<i>Excavator</i> Pemuat	2	
<i>Bulldozer</i> Area Galian	4	Rp1.555.808.800,00
<i>Bulldozer</i> Area Timbunan	3	
<i>Dump truck</i>	31	Rp 8.237.320.000,00
Total		Rp13.101.228.000,00

Pada kondisi asli dilapangan (*existing*) pekerjaan dapat selesai 100% dengan durasi waktu 14 minggu dan kebutuhan biaya untuk sewa alat berat sebesar Rp13.101.228.000,00. Perhitungan waktu dan biaya pada kondisi asli (*existing*) nantinya akan dijadikan pembanding dengan alternatif lainnya dengan tujuan untuk mengetahui alternatif mana yang paling optimal dari segi waktu dan biaya untuk diterapkan pada proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Kertosono Paket 3 Zona 2 (STA. 128+500 – STA. 132+000).

2. Alternatif 1

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5. 8 Penggunaan Alat Berat pada Alternatif 1

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
<i>Excavator</i> Penggali	6	Rp3.308.099.200,00
<i>Excavator</i> Pemuat	2	
<i>Bulldozer</i> Area Galian	4	Rp1.554.454.900,00
<i>Bulldozer</i> Area Timbunan	4	
<i>Dump truck</i>	31	Rp 9.884.784.000,00
Total		Rp14.749.338.100,00

Pada alternatif 1 ini pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu 14 minggu dan memerlukan biaya sebesar Rp14.749.338.100,00. Apabila dibandingkan dengan kondisi asli dilapangan (*existing*) malah terjadi pemborosan pada biaya sewa alat.

$$\begin{aligned} \text{Selisih Waktu} &= 672 - 672 \\ &= 0 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih Biaya} &= \text{Rp}14.749.338.100,00 - \text{Rp}13.101.228.000,00 \\ &= \text{Rp}1.648.110.100,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan Waktu} &= \frac{672}{672} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan Biaya} &= \frac{\text{Rp}1.648.110.100,00}{\text{Rp}13.101.228.000,00} \times 100\% \\ &= 12,58\% \end{aligned}$$

3. Alternatif 2

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Penggunaan Alat Berat pada Alternatif 2

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
<i>Excavator</i>	8	Rp2.285.876.000,00
<i>Bulldozer</i>	2	Rp633.178.000,00
<i>Dump truck</i>	31	Rp6.756.880.000,00
Total		Rp9.675.934.000,00

Pada alternatif ini pekerjaan dapat selesai 100 % dengan waktu 490 jam dan memerlukan biaya sebesar Rp9.675.934.000,00. Apabila dibandingkan dengan

kondisi asli dilapangan (*existing*) maka akan terjadi penghematan pada lama waktu pekerjaan dan kebutuhan biaya untuk sewa alat.

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih Waktu} &= 490 - 672 \\
 &= -182 \text{ jam} \\
 \text{Selisih Biaya} &= \text{Rp}9.675.934.000,00 - \text{Rp}13.101.228.000,00 \\
 &= -\text{Rp}3.425.294.000,00 \\
 \text{Perbandingan Waktu} &= \frac{490}{672} \times 100\% \\
 &= -27,08\% \\
 \text{Perbandingan Biaya} &= \frac{-\text{Rp}3.425.294.000,00}{\text{Rp}13.101.228.000,00} \times 100\% \\
 &= -26,14\%
 \end{aligned}$$

4. Alternatif 3

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Penggunaan Alat Berat pada Alternatif 3

Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya
<i>Excavator</i> Penggali	6	Rp3.003.743.800,00
<i>Excavator</i> Pemuat	4	
<i>Bulldozer</i> Area Galian	4	Rp1.555.808.800,00
<i>Bulldozer</i> Area Timbunan	2	
<i>Dump truck</i>	35	Rp 9.848.247.500,00
Total		Rp14.407.800.100,00

Pada alternatif ini pekerjaan dapat selesai 100% dengan total kerja alat sebanyak 593 jam serta memerlukan biaya sebesar Rp14.407.800.100,00. Apabila dibandingkan dengan kondisi asli dilapangan (*existing*) maka akan terjadi percepatan durasi kerja alat dan bertambahnya kebutuhan biaya untuk sewa alat.

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih Waktu} &= 593 - 672 \\
 &= -79 \text{ jam} \\
 \text{Selisih Biaya} &= \text{Rp}14.407.800.100,00 - \text{Rp}13.101.228.000,00 \\
 &= \text{Rp}1.306.572.100,00 \\
 \text{Perbandingan Waktu} &= \frac{593}{672} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -11,76 \% \\
 \text{Perbandingan Biaya} &= \frac{\text{Rp}14.407.800.100,00}{\text{Rp}13.101.228.000,00} \times 100\% \\
 &= + 9,97 \%
 \end{aligned}$$

5.3.1 Rekapitulasi Perbandingan Antar Alternatif Kombinasi Alat Berat

Dari hasil perhitungan alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3 dapat dilihat pada hasil rekapitulasi perbandingan alternatif kombinasi alat berat ditinjau dari segi biaya dan waktu dapat dilihat pada tabel 5.11 berikut ini:

Tabel 5. 11 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Anatar Alternatif

	<i>Eksisting</i>	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Biaya	0	Rp1.648.110.100,00	- Rp3.425.294.000,00	Rp1.306.572.100,00
Waktu	0	0jam	- 182 jam	-79 jam
Biaya (%)	0	12,58 %	- 26,14 %	+ 9,97 %
Waktu (%)	0	0 %	- 27,08 %	-11,76 %
Alat		9 E, 7 BD, 38 DT	8 E, 2 BD, 32 DT	8 E, 6 BD, 39 DT

Hasil perhitungan yang ditampilkan dalam tabel 5.11 dapat dilihat bahwa alternatif 2 yang menggunakan 8 unit *excavator* Komatsu PC300-8, 2 unit *bulldozer* Komatsu D68ESS-12 dan 32 unit *dump truck* Isuzu Giga FVZ 34P kapasitas 10 m³, alternatif tersebut memiliki selisih biaya dan selisih waktu paling kecil terhadap kondisi asli dilapangan. Untuk selisih biaya sebesar - Rp3.425.294.000,00 (- 26,14 %) dan selisih total waktu kerja selama - 182 jam (- 27,08 %). Mengacu pada keterangan perhitungan perbandingan antara kondisi asli dilapangan dengan perhitungan alternatif, jika diperoleh nilai negatif (-) maka durasi pekerjaan lebih singkat dan biaya yang dikeluarkan lebih sedikit. Berdasarkan hasil perhitungan diatas alternatif 2 sangat direkomendasikan untuk diterapkan pada pelaksanaan proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Kertosono Paket 3 Zona 2 (STA. 128+500 – STA. 132+000).

Pada alternatif 2 *excavator* yang berjumlah 8 unit bertugas untuk menggali dan memuat tanah sebesar 460.679,47 m³, sedangkan untuk pekerjaan timbunan tanah sebesar 173.946.11 m³ dilakukan oleh 2 unit *bulldozer*, dan untuk mengangkut tanah dengan jarak 1,5 kilometer ke area timbunan dilakukan oleh 32 unit *dump truck* dengan bantuan *excavator* dalam pemuatan.