

ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN MATERIAL RINGAN MORTAR-BUSA DENGAN MATERIAL TANAH SIRTU PADA PEKERJAAN TIMBUNAN JALAN (Studi pada : Proyek Pembangunan Flyover Purwosari)

M. Afif Salim¹, Agus Bambang Siswanto¹

1 Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

ABSTRAK

Pembangunan fly over Purwosari (Surakarta) sepanjang 2.475m dikerjakan oleh penyedia jasa PT. Wijaya Karya (Persero) dan merupakan tujuan dari pemerintah kota untuk merealisasikan kebijakan mengentaskan permasalahan kemacetan, salah satunya yang muncul di perlintasan sebidang. Fly over Purwosari menggunakan teknologi Corrugated Mortar-busa Pusjatan (CMP)/ material ringan mortar busa sebagai pengganti timbunan jalan.

Dalam penelitian ini yang pertama dilakukan adalah mengidentifikasi masalah dan tujuan penelitian yang ada di daerah objek dengan litelatur yang ada kaitannya dengan permasalahan. Penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan studi kasus. Data berbentuk kuantitatif (angka), pembahasan disajikan dalam bentuk data dengan membandingkan dari segi biaya, waktu, dan kelebihan kekurangan dari masing masing metode kerja. Pembahasan dan tahapan analisis yang dilakukan antara lain mulai dari pengumpulan data, membuat metode pekerjaan, menghitung rencana anggaran biaya, mengidentifikasi resiko dan menganalisa kelebihan dan kekurangan dari kedua metode.

Dari analisis diketahui bahwa penggunaan material ringan mortar busa memiliki keuntungan pada metode pekerjaan dan waktu pelaksanaan lebih cepat, serta ramah lingkungan. Tetapi kekurangannya adalah biaya yang dikeluarkan lebih besar. Sedangkan kelebihan utama penggunaan material pilihan sirtu adalah rencana anggaran biaya yang lebih kecil daripada material ringan mortar busa, tetapi penggunaan material pilihan sirtu memiliki banyak kekurangan, yaitu resiko penurunan tanah dasar yang tinggi, dalam pelaksanaannya perlu dilakukan perbaikan tanah dasar sebelum pekerjaan timbunan dikerjakan, proses pelaksanaan pekerjaan lebih lama dan kurang ramah bagi lingkungan. Berdasarkan analisa perhitungan biaya penggunaan material ringan mortar busa Rp. 20.147.856.115,23 sedangkan material pilihan sirtu yaitu Rp. 5.634.164.544,37 sehingga terdapat efisiensi 72 % dengan waktu pelaksanaan timbunan mortar busa 17,5 bulan sedangkan timbunan material sirtu 31 bulan efisiensi waktu (43 %).

Kata Kunci: *Flyover, timbunan, mortar-busa, sirtu.*

PENDAHULUAN

Pembangunan di bidang transportasi terus dilaksanakan demi tercapainya tujuan pembangunan nasional. Hal ini disebabkan karena transportasi memegang peranan penting dalam kehidupan perekonomian di negara kita. Jembatan sebagai sarana transportasi mempunyai peranan yang sangat penting bagi kelancaran pergerakan lalu lintas. Dimana fungsi jembatan adalah menghubungkan rute atau lintasan transportasi yang terpisah.

Rencana pembangunan *fly over* di kota Surakarta tak terlepas dari tujuan pemerintah kota untuk merealisasikan kebijakan mengentaskan permasalahan kemacetan, salah satunya yang muncul di perlintasan sebidang. Kebijakan ini terdapat pada Undang-undang (UU) Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian pasal 91

yang menyatakan bahwa perpotongan antara jalur kereta api dan jalan raya harusnya tidak dibuat sebidang. Di kawasan Soloraya, upaya mengurangi masalah kemacetan sudah dilaksanakan di wilayah Makam Haji, Sukaharjo dengan infrastruktur berupa *underpass*, namun menimbulkan masalah berupa genangan ketika curah hujan tinggi dan pompa tidak berfungsi dengan baik. Pada akhir 2016 terdapat usulan untuk membangun *fly over* di Manahan dengan menggunakan teknologi *Corrugated Mortarbusa Pusjatan* (CMP)/ material ringan mortar busa sebagai pengganti timbunan jalan. Penggunaan teknologi mortar busa salah satunya adalah untuk mengatasi berbagai permasalahan terkait stabilitas timbunan jalan

Timbunan ringan dengan material mortar busa memiliki berat volume lebih ringan dibandingkan timbunan dengan material pada umumnya, yaitu 0,6 t/m³– 1,2 t/m³. Pembangunan *fly over* Purwosari memiliki keunikan dalam menghemat anggaran belanja konstruksi sebesar 15%, selain itu material ringan mortar busa lebih efisien waktu pengerjaan antara 40% jika dibandingkan dengan konstruksi konvensional dan ramah lingkungan karena menggunakan lebih sedikit material konstruksi terutama bahan alam (Kepala Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional VII Semarang Akhmad Cahyadi, 2020). Berdasarkan latar belakang di atas tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing metode
2. Mengetahui resiko yang didapat dari masing-masing metode
3. Mengetahui kelebihan dan kekurangan yang didapat di setiap metode

TINJUAN PUSTAKA

Didalam proyek konstruksi dibutuhkan rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (konstruksi/bangunan) yang dibatasi waktu, biaya dan mutu tertentu. Proyek konstruksi selalu memerlukan material (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *resources* (sumber daya) yaitu *man* (manusia), *money* (uang), *method* (metode pelaksanaan), *time* (waktu), dan *information* (informasi). Metode yang dilakukan untuk membandingkan metode pekerjaan timbunan ringan mortar busa dengan material pilihan sirtu meliputi biaya dan waktu yang dibutuhkan antara kedua metode, identifikasi resiko, dan kelebihan kekurangan pada masing-masing metode (Agus B Siswanto, 2019).

Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*knowledges*), keterampilan (*skills*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) dalam aktivitas-aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek. Manajemen proyek dilaksanakan melalui aplikasi dan integrasi tahapan proses manajemen proyek yaitu *initiating*, *planning*, *executing*, *monitoring* dan *controlling* serta akhirnya *closing* keseluruhan proses proyek tersebut. Dalam pelaksanaannya, setiap proyek selalu dibatasi oleh kendala-kendala yang sifatnya saling mempengaruhi dan biasa disebut sebagai segitiga *project constraint* yaitu biaya, waktu dan mutu. Di mana keseimbangan ketiga konstrain tersebut akan menentukan kualitas suatu proyek (Santosa, 2013).

Oprit/Timbunan

Oprit jembatan merupakan segmen jalan yang menghubungkan jalan raya dengan jembatan. Fungsi menghubungkan mengandung pengertian bahwa oprit secara geometri harus memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan yang akan pindah dari trase jalan raya ke trase jembatan dan dari trase jembatan ke trase jalan raya lagi (Pelatihan ahli perencanaan teknis jembatan, 2007). Oprit bisa terdiri atas

timbunan pilihan dan timbunan biasa. Timbunan adalah urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam gambar perencanaan.

Permasalahan utama pada timbunan jalan pendekat yaitu sering terjadinya penurunan atau deformasi pada ujung pertemuan antara struktur perkerasan jalan terhadap ujung kepala jembatan. Hal ini disebabkan karena pemadatan yang kurang sempurna. Untuk meminimalisir penurunan pada kepala jembatan adalah dengan menggali pada tanah kritis/labial umumnya di daerah rawa dan menggantinya dengan material pilihan sehingga material timbunan akan lebih cepat memadat. Penggunaan material ringan untuk mengurai berat timbunan sehingga penurunan dan stabilitas dapat ditekan.

Timbunan Dengan Material Pilihan

Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah berpasir (*sandy clay*) atau padas yang memenuhi persyaratan dan sebagai tambahan harus memiliki sifat tertentu tergantung dari maksud penggunaannya. Dalam segala hal, seluruh urugan pilihan harus memiliki CBR paling sedikit 10 %. Pelaksanaan konstruksi timbunan secara bertahap dilakukan dengan menimbun tanah dengan ketinggian tertentu secara bertahap dan dalam jangka waktu tertentu pula. Metode ini dilakukan untuk memampatkan tanah dasarnya sehingga daya dukung tanah dasar dapat meningkat.

Timbunan Dengan Material Ringan Mortar Busa

Material timbunan ringan dengan mortar busa merupakan *foamed embankment mortar* disebut juga sebagai *high-grade soil* yang terdiri dari campuran antara pasir, cairan *foaming agent*, semen, air dengan berat isi basah (γ) antara 0.5-1.2 t/m³ atau lebih ringan dari timbunan material pilihan. *Foam agent* merupakan cairan yang apabila dicampur dengan air dan diberikan tekanan udara tertentu akan membentuk busa. Fungsi dari *foam agent* ini adalah untuk menstabilkan gelembung udara selama pencampuran dengan cepat dan mendapatkan campuran mortar dengan berat isi yang ringan serta dapat didesain sesuai dengan rencana. Sedangkan material pasir yang digunakan dapat merupakan material setempat atau material yang diperoleh dari lokasi lain yang memenuhi persyaratan.

Material timbunan ringan mortar busa mempunyai beberapa keunggulan diantaranya:

1. Ringan dan kekuatannya cukup tinggi, memiliki berat isi dan kuat tekan campuran dapat didesain sesuai kebutuhan
2. Karena berpori-pori maka memiliki daya rembes yang besar atau mampu melewatkan air yang dikandungnya tanpa mengalami pemampatan.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan karena dapat memadat sendiri dan material campuran mortar busa dapat mengembang sampai dengan 4 (empat) kali volume awal.

Tabel 1. Kriteria Desain Mortar Busa Untuk Bangunan Jalan

Desain Mix Formula	Kuat Tekan (KPa)	Densitas (γ) (t/m ³)	Sumber: Ditjen Bina Marga (2017)
1. lapis bawah (timbunan)	800	0,600	
2. Lapis atas (lapis pondasijalan)	2000	0,800	

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi masalah dan tujuan penelitian yang ada di daerah objek dengan literatur yang ada kaitannya dengan permasalahan. Menggunakan penelitian dengan studi kasus dan data berbentuk kuantitatif (angka), pembahasan disajikan dalam bentuk data dengan membandingkan dari segi biaya, waktu, dan kelebihan kekurangan dari masing masing metode kerja. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah:

- a. Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data dengan melihat serta mencatat data-data dokumen yang berhubungan dengan permasalahan.
- b. Observasi adalah pengumpulan data dengan sistematis dan pengamatan yang dilakukan langsung pada obyek yang diteliti.
- c. Metode literatur, yaitu didapat dari buku-buku yang menunjang dalam penelitian yang berkaitan dengan studi kelayakan.

Langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan sesuai dengan rumusan masalah antara lain sebagai berikut:

1. Pengumpulan data lapangan
2. Membuat metode kerja timbunan jalan dengan mortar busa.
3. Membuat metode kerja timbunan jalan dengan material pilihan sirtu.
4. Mengidentifikasi risiko yang dapat terjadi dari kedua metode.
5. Menganalisa kelebihan dan kekurangan dari kedua metode.

ANALISIS DATA & PEMBAHASAN

Deskripsi Proyek

Lokasi yang diambil sebagai studi kasus yaitu Proyek Pembangunan Fly over Purwosari di Surakarta. Data administrasi proyek antara lain sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Pembangunan fly over Purwosari (Surakarta)
2. Lokasi Pekerjaan : Jl. Slamet Riyadi, Laweyan, Surakarta
3. Nama Kontraktor : PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk.
4. Konsultan Supervisi : PT. Sarana Multi Daya
5. Nilai Kontrak Fisik : Rp 104.672.483.000,00
6. Waktu Pelaksanaan : 348 Hari Kalender
7. Waktu Pemeliharaan : 365 Hari Kalender

Metode Kerja Timbunan Material Ringan Mortar Busa

Metode kerja timbunan material ringan mortar busa adalah sebagai berikut:

1. Persiapan
Pembuatan batas acuan pekerjaan timbunan mortar busa kemudian dengan pembuatan lantai kerja tebal 15cm dan dipasang anyaman baja *wire mesh* Ø10.
2. Pembuatan material ringan mortar busa
Semua bahan yang akan digunakan dilengkapi data pengujian bahan dari laboratorium. Bahan baku utama menggunakan busa/*foam agent*.
3. Pembuatan Bekisting
Bekisting atau cetakan yang terbuat dari papan/multiplek. Sesuai dengan dengan pedoman pelaksanaan timbunan material ringan mortar-busa untuk konstruksi jalan.

4. Penghamparan material ringan mortar busa
PENGHAMPARAN material ketebalan 30 cm dan setiap lapis timbunan mortar busa atau persatu meter dipasang anyaman baja *wire mesh* Ø10.
5. Perawatan/*curing*
Perawatan mortar busa dilakukan selama minimum 14 hari atau sampai persyaratan kuat

Metode Kerja Timbunan Material Ringan Mortar Busa

Pelaksanaan pekerjaan timbunan dengan material ringan mortar busa yaitu dengan cara disemprotkan bila menggunakan alat mesin penyemprot atau dihamparkan langsung ke lokasi pekerjaan tanpa menggunakan vibrator karena dapat memadat sendiri sesuai dengan waktu pemeraman (*curing*) yang ditetapkan. Material timbunan ringan mortar busa yaitu penggunaan metode campuran perbandingan antara semen, foam dan material tanah/pasir sesuai dengan pembahasan sebelumnya. Material yang digunakan bisa berupa material setempat atau material yang diperoleh dari lokasi lain seperti pasir. Penambahan foam pada campuran mortar akan mengembang hingga 4 (empat) kali dari volume awal sehingga kebutuhan material dapat dikurangi bila dibandingkan dengan material tanpa campuran foam.

Metode kerja timbunan material pilihan sirtu adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran lokasi Pesiapan Lokasi Pekerjaan
Persiapan lokasi pekerjaan berupa pengukuran dan pemasangan marking pada area pekerjaan. Sebelum pekerjaan penimbunan, dilaksanakan pemadatan tanah dasar (tanah asli).
2. Pengangkutan Material ke Lokasi
Pengambilan tanah dari lokasi galian atau sumber bahan dan pengangkutan material ke lokasi timbunan menggunakan *dump truck*.
3. Penghamparan Material
Material timbunan yang sudah dihamparkan, diratakan menggunakan alat *Wheel Loader*. Pekerjaan penimbunan dilakukan lapis per lapis setebal 30cm sampai dengan ketinggian yang direncanakan, kemudian dipadatkan dengan *Vibrator roller*.



Gambar 1. Proses Penghamparan Mortar busa
(Sumber : Dokumentasi prbadi,2021)

4. Pemadatan Dengan *Vibrator Roller*& Penyiraman Dengan *Water Tanker*
Proses pemadatan dilakukan di dampingi penyemprotan air ke timbunan sirtu dengan bantuan alat *Watertanker*.
5. Pengujian

Pengujian kepadatan dilakukan pada setiap lapis timbunan yang dipadatkan sesuai dengan SNI 03-2828-1992 uji kepadatan lapangan dengan alat konus pasir (*sand cone*).

Perhitungan Biaya

1. Perhitungan Biaya Material Ringan Mortar Busa

Harga satuan material mortar busa Rp 759.001,00 per m³. Perhitungan timbunan material mortar busa sesuai dengan *schedule* pekerjaan pembangunan *fly over* Purwosari (Surakarta) sebagai berikut:

Panjang timbunan = STA 1+412 s/d 1+687 ± 275 m
 = STA 1+875 s/d 2+150 ± 275 m
 Lebar timbunan = 13.00 m
 Volume = 26.545,23 m³
 Harga Satuan = Rp. 759.001.00/ m³
 Harga = Rp. 759.001.00 x 26.545,23 m³
 = Rp. 20.147.856.115,23

2. Perhitungan Biaya Timbunan Material Tanah Sirtu

Harga satuan material timbunan sirtu Rp 212.247,72 per m³. Perhitungan timbunan material pilihan sirtu adalah sebagai berikut:

Panjang timbunan = STA 1+412 s/d 1+687 = ± 275 m
 = STA 1+875 s/d 2+150 = ± 275 m
 Lebar timbunan = 13.00 m
 Volume = 26.545,23 m³
 Harga Satuan = Rp 212.247,72/ m³
 Harga = Rp 212.247,72 x 26.545,23 m³
 = Rp. 5.634.164.544,37

Perhitungan waktu pelaksanaan

1. Waktu Pelaksanaan Timbunan Ringan Mortar Busa

Volume = 26.545,23 m³
 Jumlah tenaga kerja = 9 orang (4 pekerja, 4 tukang, 1 mandor)
 Koefisien tenaga kerja = untuk 1 m³ Pekerjaan timbunan ringan mortar busa
 = 0.072 OH Pekerja
 = 0.072 OH Tukang
 = 0.036 OH Mandor
 = 0.148 OH

$$T = \frac{K \times V}{n} \dots\dots\dots (1)$$

$$T = \frac{0,148 \times 26.545,23}{9}$$

$$T = 437,99 \text{ Hari} = 438 \text{ Hari}$$

Waktu kerja = 25 hari/bulan

= 8 jam/hari

438 hari / 25 hari = 17,5 bulan

2. Waktu Pelaksanaan Timbunan Pilihan Sirtu

Volume = 26.545,23 m³
 Jumlah tenaga kerja = 2 orang (1 pekerja, 1 mandor)
 Koefisien tenaga kerja = untuk 1 m³ Pekerjaan urugan sirtu
 0,0466 OH Pekerja
0,0117 OH Mandor
 0,0583 O

$$T = \frac{K \times V}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$T = \frac{0,0583 \times 26.545,23}{2}$$

T = 773.7 Hari = 774 Hari

Waktu kerja = 25 hari/bulan
 = 8 jam/hari
 774 hari / 25 hari = 31 bulan

Penilaian Resiko

Pada suatu pekerjaan tidak lepas dari sebuah resiko, resiko adalah kemungkinan terjadinya suatu peristiwa yang membawa akibat yang tidak dikehendaki atas hal yang ingin dicapai yang telah dirumuskan didalam tujuan, strategi, sasaran dan atau rencana hasil kegiatan. Pengukuran resiko didapat dengan kombinasi seberapa besar probabilitas terjadinya suatu resiko dengan seberapa besar akibat negatif yang ditimbulkan bila resiko itu terjadi. Management resiko adalah proses manajemen, pengorganisasian, dan budaya yang diarahkan terhadap analisis resiko dan tanggapan terhadap resiko itu serta perlakuannya

Tabel 3. Penilaian resiko pekerjaan timbunan material sirtu

No.	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Resiko			Pengendalian Resiko RBT
			Kekerapan	Keparahan	Tingkat Resiko	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) dan	(7)
1	Pekerjaan mobilisasi material timbunan	Pekerja tergelincir / terjatuh akibat perendaman proyek	2	4	8 (Tinggi)	Menggunakan rambu peringatan dan barikade
2	Pekerjaan penimbunan tanah	Benda asing pecah / terlempar alat berat	2	3	6 (Tinggi)	Pengawasan operasional alat berat
3	Pekerjaan pengangkutan tanah	Kegagalan mesin, alat berat / kesalahan operator	2	3	6 (Tinggi)	Pengawasan operasional alat berat
4	Pekerjaan penimbunan tanah	Pekerja terjebak / terperangkap / teridentifikasi	1	3	3 (Sedang)	Penggunaan APD seperti safety
5	Pekerjaan mobilisasi alat berat	Alat berat / objek / barang terlanjur / tergelincir / terjatuh	1	2	2 (Sedang)	Penggunaan jalur yang dilabeli dengan track
6	Pekerjaan penimbunan tanah	Melakukan pemadatan / pada saat beroperasi	1	1	1 (Rendah)	Memastikan timbunan bentuk besar padat
7	Pekerjaan pemadatan tanah	Kelelahan dan kram pada pekerja akibat aktivitas kerja	2	1	2 (Rendah)	Memberikan waktu istirahat untuk menjaga keselamatan
8	Pekerjaan penimbunan tanah	Pekerja terpelempar / terjatuh / teridentifikasi	2	1	2 (Rendah)	Menggunakan APD dasar main safety
9	Dok. penimbunan & mobilisasi tanah	Benda asing alat berat / tenaga / peralat / proyek	2	1	2 (Rendah)	Menggunakan APD seperti safety

Tabel 4. Identifikasi bahaya dan penilaian resiko pekerjaan timbunan ringan mortar busa

No.	Urutan Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Penilaian Resiko		Tingkat Resiko	Pengendalian Resiko K-5
			Keberapan	Keperluan		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)→S	(8)
1	Dembuan campuran beton ringan	Terkontaminasi bahan kimia foam agent/ bahan pembuat mortar	2	1	3 (Sedang)	Menggunakan APD termasuk sarung tangan dan masker
2	Pekerjaan hevesting	Pekerja lempuk sampah material besi	1	2	2 (Rendah)	Memakai pemetaan APD, seperti sarung
3	Prasas mobilisasi mortar busa dengan concrete mesh cover	Pekerja sanggup lebih dari pekerjaan mobilisasi	3	1	3 (Sedang)	Penggunaan sarung, jaket yang dilalui concrete mesh cover
4	Pekerjaan penghamparan mortar busa	Alat berat concrete mesh cover tersangkut kabel listrik	1	2	3 (Sedang)	Pengecekan jalur yang dilalui concrete cover
5	Pekerjaan pembesian wastafel	Pekerja bekerja sampai mati/lemas		2	2 (Rendah)	Penggunaan APD seperti sarung

Kelebihan dan kekurangan

Sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam pemilihan metode pekerjaan, diperlukan analisis tentang kelebihan dan kekurangan dari metode kerja yang sudah peneliti bahas dengan mempertimbangkan faktor biaya dan waktu di pembahasan sebelumnya. Tabel di bawah ini merupakan beberapa kelebihan dan kekurangan metode kerja tersebut

Tabel 6. Kelebihan dan kekurangan material ringan mortar busa

No.	Metode	RAB	Waktu	Kelebihan(+)	Kekurangan(-)
1.	Timbunan Mortar Busa	Rp. 20.147.856.115,23	17,5 bulan	Ramah lingkungan karena timbunan mortar busa tidak banyak menggunakan alat berat	Material timbunan ringan mortar busa lebih mahal dari timbuana material sirtu
				Minim metode perbaikan tanah dasar karena berat timbunan ringan 0.8 t/m3.	
				Waktu pelaksanaan pekerjaan lebih cepat dan kemudahan dalam pelaksanaannya.	
				Pada aplikasi timbunan jalan untuk tanah lunak mengurangi beban timbunan dari 1.8 ton/m3 menjadi 0.8 ton/m3 dampaknya akan mengurangi total settlement atau penurunan tanah dasar.	

No.	Metode	RAB	Waktu	Kelebihan(+)	Kekurangan(-)
				Berat isi dan kuat tekan tanah campuran dapat direncanakan sesuai keinginan sehingga dapat mengurangi tekanan lateral tanah pada suatu struktur bangunan abutment fondasi jembatan atau mengurangi berat timbunan	
				Tahan terhadap perubahan karakteristik propertis akibat proses kimiawi maupun fisik dan memiliki daya dukung kekuatan selama masa konstruksi pelaksanaannya	
2.	Timbunan Sirtu	Rp. 5.634.164.544,37	31 bulan	Biaya pekerjaan lebih murah dari timbunan mortar busa	Karena berat timbunan yang besar, mengakibatkan pemampatan tanah dasar sehingga diperlukan metode lain untuk memperkuat tanah dasar
					Dampak lingkungan sosial / kurang ramah lingkungan karena penggunaan alat berat yang banyak mengakibatkan polusi.
					Waktu pelaksanaan pekerjaan lebih lama dari metode material timbunan mortar busa.

Rekomendasi

Berdasarkan tabel kelebihan dan kekurangan selisih harga kedua sebesar 72% dan untuk selisih waktu pekerjaan adalah 43%. Namun demikian, yang digunakan dilapangan adalah timbunan material ringan mortar busa dengan alasan sebagai berikut:

- Waktu pelaksanaan lebih cepat dan ramah lingkungan.
- Minim metode perbaikan tanah dasar karena berat timbunan ringan 0.8 t/m³.
- Teknologi terbaru.
- Resiko masalah penurunan timbunan kecil dan mengurangi tekanan lateral tanah.

Meskipun selisih harga kedua metode tersebut cukup banyak (72%), tetapi penggunaan dilapangan tetap memilih alternatif penggunaan timbunan dengan material ringan mortar busa. Hal ini sesuai dengan kelebihan yang telah dijelaskan diatas dan arahan Dirjen Bina Marga Kementerian PUPR.

Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian / kajian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Penggunaan material ringan dengan mortar busa sebagai material pengisi timbunan memberikan beberapa keuntungan yaitu metode pekerjaan dan waktu pelaksanaan lebih cepat, ramah lingkungan, dan minim metode perbaikan tanah dasar karena berat timbunan ringan 0.8 t/m³. Tetapi kekurangannya biaya yang dikeluarkan lebih besar.
2. Kelebihan penggunaan material pilihan sirtu adalah anggaran biaya lebih kecil daripada material ringan mortar busa, selisih biaya kedua metode timbunan tersebut adalah 72%. Terlepas dari perbedaan biaya tersebut, penggunaan material pilihan sirtu memiliki banyak kekurangan, sesuai dengan tabel kelebihan dan kekurangannya.
3. Perhitungan biaya material ringan mortar busa Rp. 20.147.856.115,23 sedangkan material tanah sirtu yaitu Rp. 5.634.164.544,37 selisih 72%, dengan waktu pelaksanaan timbunan mortar busa 17,5 timbunan material tanah sirtu 31 bulanselisih waktu 43%

Saran

Saran dalam penelitian / kajian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Apabila ingin menggunakan material ringan mortar busa perlu diperhatikan faktor dana yang dimiliki karena walaupun timbunan dengan material ringan mortar busa lebih banyak kelebihan, harga materialnya jauh lebih mahal daripada material pilihan sirtu.
2. Pada perhitungan perbandingan biaya penggunaan material timbunan, material tanah sirtu bisa lebih mahal jika dilakukan perhitungan perbaikan tanah dasar serta penggunaan konstruksi konvensional yaitu gelagar dan abutmen. Sedangkan material ringan mortar busa menjadikan lebih murah jika pada pelaksanaan proyek dikombinasikan dengan struktur baja bergelombang (*corrugated steel structure*) sebagai pengganti abutmen dan gelagar. Maka disarankan untuk dilakukan perhitungan biaya timbunan dengan kombinasi bangunan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus B Siswanto, dkk. 2019. "Manajemen Proyek". CV. Pilar Nusantara, Yogyakarta
- Ahmad, Samsir. 2012. "Metode pelaksanaan pekerjaan", <https://samsyr.wordpress.com/2012/02/25/metode-pelaksanaan-pekerjaan/>. Diakses pada 03 Agustus 2021.
- Arafuru, "Pengertian rencana anggaran biaya (RAB) proyek bangunan menurut ahlinya", <https://arafuru.com/sipil/pengertian-rencana-anggaran-biaya-rab-proyek-bangunan.html>. Diakses pada 03 Agustus 2021.
- Departemen Pekerjaan Umum PUSBIN-KPK (2006), "Metode Pelaksanaan Jembatan", Jakarta.
- Hadimuljono, M. Basuki., (2015), "Pedoman pelaksanaan timbunan material ringan mortar-busa untuk konstruksi jalan", Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Ilyas, Kusuma, Musa, "Optimasi waktu dan biaya dengan metode time cost trade off pada proyek pembangunan kelas darurat", Jurnal jurusan matematika FMIPA Unhas.

- Kerzner, Harold. 2006. *Project Management: A System Approach to planning, schedulling, and controlling*. Inc. Ninth Edition. New Jersey
- Kurniawan, M. Teguh, P., (2017). “*Studi Perbandingan Perencanaan Timbunan Jalan Dengan Material Tanah/Sirtu Dan Mortar Busa (Foamed Mortar)*”. Teknik Sipil dan Perencanaan, Surabaya, Juli 2017, 192-193.
- Moestofa, Benny, Atamini, Hamdan, (2018), “*Evaluasi Stabilitas dan Penurunan antara Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan dengan Timbunan Pilihan pada Oprit Jembatan*”, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol. 4, 91-92
- Pramesti, F. P., Purwana, Y. M, Hidayat, D. (2016). “*Analisis material ringan dengan mortar busa pada konstruksi timbunan jalan*”. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016, 9.
- Putra, Hardiansyah, (2021),”*Penyempurnaan spesifikasi timbunan ringan dengan melakukan perubahan amplop gradasi pasir*” Balai Geoteknik Terowongan dan Struktur.
- Renita, 2021. “*Pengertian organisasi adalah menurut para ahli, tujuan, ciri- ciri dan fungsi yang didapatkan dalam berorganisasi*, 2021, <https://www.referensisiswa.my.id/2021/04/pengertian-organisasi-adalah-menurut.html>. Diakses pada 03 Agustus 2021
- Samsuhadi, Yopianus, Y. Dan, (2014), “*Studi penentuan desain campuran material ringan mortar busa*, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Siswanto, A. B. (2014). Modul Kuliah,“*. Manajemen Material*.
- Suhono, Andreas, (2011), “*Pelaksanaan dan Pengawasan Pekerjaan Tanah*”, Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi Badan Pembinaan Konstruksi Kementerian Pekerjaan, Jakarta.
- Susilawati, C. L., Siswanto, A. B., Purwantini, I. W., & Salim, M. A. (2020). Application of Soil-Press Interlocking-Brick Building Materials for Clean-Water Distribution in Rural Area.
- Vaza, Herry. (2017), “*Teknologi material ringan mortar-busa untuk jalan diatas tanah lunak*”, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Jakarta.